

# Struktur dan Perkembangan Ganggang, Lumut, dan Tumbuhan Paku

Dra. Yohana C. Sulistyaningsih, M.Si.



## PENDAHULUAN

---

Kalau kita mendengar istilah ganggang biasanya kita membayangkan tumbuhan laut yang banyak terdampar di pantai akibat tersapu ombak. Kadang-kadang juga terlintas dalam ingatan kita beberapa jenis ganggang yang dijadikan bahan makanan, seperti agar-agar, atau bahkan jenis-jenis ganggang yang belakangan ini banyak dimanfaatkan sebagai manisan atau pelengkap minuman dingin. Namun, sebenarnya dunia ganggang tidak sedemikian sempit, hanya terbatas pada tumbuhan laut. Sebagian besar ganggang memang tumbuh di lingkungan perairan, baik air laut maupun air tawar. Akan Tetapi, ganggang juga ditemui di permukaan batuan, tanah, pepohonan, ada pula yang hidup bersimbiosis dengan tumbuhan serta cendawan, bahkan ada ganggang yang hidup pada bulu binatang.

Dalam kehidupan manusia, ganggang memiliki peranan yang cukup penting. Beberapa jenis ganggang dimanfaatkan sebagai bahan pangan, antara lain *Gellidium* dan *Gracillaria* yang termasuk kelompok ganggang merah penghasil bahan agar-agar. Selain itu ada pula jenis ganggang merah yang merupakan penghasil karagenan. Karagenan banyak dimanfaatkan dalam industri es krim, coklat, sirup, macaroni, yang berfungsi sebagai bahan pengental. Ada pula jenis-jenis ganggang yang digunakan sebagai sayuran, seperti: *Ulva*, *Laminaria*, serta *Porphyra* yang disukai masyarakat Jepang.

Selain peranannya sebagai bahan pangan, ganggang juga telah banyak digunakan dalam bidang farmasi. Dari hasil penelitian belakangan ini dijumpai lebih dari 20 jenis ganggang yang termasuk rumput laut (*sea weed*) dapat digunakan dalam pembuatan obat untuk beberapa penyakit, seperti

cacing perut, diare serta penanganan penyakit kanker. Di Asia Timur rumput laut telah dipanen selama 5000 tahun. Di Cina jutaan ton *Laminaria*, salah satu ganggang coklat dipanen untuk dijadikan sumber iodine, yang digunakan dalam pencegahan penyakit gondok.

Rumput laut sangat kaya akan kandungan mineral tertentu, seperti Nitrogen, Potassium, serta Fosfor sehingga sangat baik digunakan untuk pupuk. Pada masa lalu penduduk asli Amerika telah memanfaatkan ganggang jenis Irish mosh untuk pemupukan jagung dan kentang.

Ganggang juga dimanfaatkan dalam dunia industri. Tanah diatomit merupakan bahan yang banyak digunakan dalam industri kertas, pasta gigi, semen, pestisida, dan lain-lain. Namun, diatomae yang merupakan hasil sedimentasi dinding sel diatom ini paling dikenal sebagai bahan penyaring (*filter*) karena keunggulannya dalam hal banyaknya pori berukuran mikroskopis pada bahan ini serta ketahanannya terhadap tekanan.

Jenis-jenis ganggang yang telah sering dimanfaatkan adalah ganggang laut, terutama rumput laut (*sea weed*). Selain ganggang yang hidup di laut banyak pula jenis ganggang hidup di perairan tawar. Saat kita berjalan-jalan kadang kita saksikan kolam yang berwarna kehijauan. Hal seperti itu terjadi akibat tingginya populasi ganggang di kolam tersebut. Apabila kita perhatikan sungai atau selokan yang airnya mengalir tenang kita dapat menemukan gumpalan, seperti rambut-rambut berwarna kehijauan yang berada pada dasarnya. Tumbuhan yang melekat pada dasar sungai, selokan atau bak penampungan air itu adalah ganggang, yang termasuk kelompok ganggang hijau. Selain di air tawar, ganggang hijau ada pula yang hidup di tanah-tanah lembab, pada permukaan batuan maupun pepohonan. Selain ganggang hijau di air tawar, terutama di kolam-kolam atau danau dijumpai pula ganggang mikroskopis yang termasuk diatomae, ganggang ini merupakan penyusun fitoplankton.

Secara umum modul ini bertujuan memberikan pengetahuan dasar tentang struktur dan perkembangan tumbuhan. Dengan demikian modul ini akan menjadi dasar untuk memahami modul-modul selanjutnya. Dalam modul ini akan dibahas struktur dan perkembangan Protista yang memiliki sejarah perkembangan yang dekat dengan tumbuhan. Anda akan memperoleh pengetahuan tentang struktur dalam hubungannya dengan adaptasi organisme tersebut terhadap habitatnya, keragaman struktur serta cara reproduksi seksual maupun aseksual.

Modul ini disajikan dalam tiga kegiatan belajar, yaitu:

1. Kegiatan belajar pertama, membahas tentang struktur dan perkembangan ganggang.
2. Kegiatan belajar kedua, membahas tentang struktur dan perkembangan lumut.
3. Kegiatan belajar ketiga, membahas tentang tumbuhan paku.

Setelah mempelajari modul ini Anda akan dapat menjelaskan tentang konsep adaptasi ganggang yang merupakan protista leluhur tumbuhan, perkembangan struktur yang berkaitan dengan evolusi menuju adaptasi terhadap lingkungan daratan serta perkembangan selanjutnya sehingga terbentuk tumbuhan sederhana yang mampu hidup di darat.

Secara lebih rinci setelah mempelajari modul ini Anda akan dapat menjelaskan:

1. keragaman struktur ganggang, protista leluhur tumbuhan;
2. hubungan antara struktur ganggang dengan adaptasi terhadap habitatnya;
3. cara reproduksi dan siklus hidup pada ganggang;
4. struktur pada tumbuhan tak berpembuluh (lumut);
5. hubungan antara struktur dan adaptasi lumut terhadap lingkungan darat;
6. cara reproduksi serta siklus hidup pada lumut;
7. struktur tubuh tumbuhan paku;
8. keunggulan struktur tubuh paku dibandingkan dengan lumut;
9. tentang daya adaptasi tumbuhan paku berkaitan dengan perkembangan strukturnya;
10. cara reproduksi serta siklus hidup tumbuhan paku.

## KEGIATAN BELAJAR 1

## Struktur Tubuh Ganggang

Ɔalam penuturan di atas ganggang disebut sebagai ‘tumbuhan’, hal ini disebabkan kelompok ini dalam taksonomi tidak termasuk dunia tumbuhan, melainkan digolongkan sebagai Protista. Kalau kita lihat perawakan sebagian besar ganggang makroskopis seperti rumput laut, kita memang cenderung akan menganggap mereka sebagai kelompok tumbuhan, bukan hewan atau cendawan. Memang ada kedekatan antara ganggang dan tumbuhan. Ini bisa kita lihat kalau kita meneliti komponen dinding sel, cadangan makanan dalam sel maupun kandungan klorofilnya yang sangat mirip dengan tumbuhan. Seperti pada tumbuhan dinding sel sebagian besar ganggang mengandung selulosa. Beberapa ganggang memiliki cadangan makanan berupa pati, selain itu pada kelompok ini juga dijumpai pigmen fotosintesis berupa klorofil a, klorofil b dan karotin.

Bila dilihat dari ketiga hal tersebut ganggang memang tampak berkerabat dekat dengan tumbuhan. Namun, bila kita tinjau lebih jauh kita akan sadar bahwa ganggang bukan benar-benar tumbuhan, hal tersebut berkaitan dengan adaptasi terhadap lingkungan hidupnya. Struktur tubuh ganggang beradaptasi terhadap lingkungan air yang merupakan habitat utamanya, sebaliknya tumbuhan beradaptasi terhadap lingkungan darat. Hal yang sangat nyata dapat dilihat, misalnya struktur umum tubuhnya. Ganggang multiseluler pada umumnya berupa benang atau lembaran dengan struktur jaringan penyusun yang sederhana. Tubuh ganggang tidak mengalami deferensiasi membentuk akar, batang dan daun dengan struktur jaringan yang kompleks, mengingat *tumbuhan* ini tidak memerlukan organ tersebut. Ganggang menyerap air dan hara yang melimpah di sekitarnya dengan seluruh permukaan tubuhnya. Oleh karena itu, tidak memerlukan sistem perakaran. Air bukan merupakan pembatas bagi kelompok ganggang, sedangkan tumbuhan sehari-hari langsung berhadapan dengan udara dan cahaya matahari, permukaan tubuh tumbuhan dilapisi dengan kutikula untuk mencegah kehilangan air secara berlebihan. Epidermis pada ganggang tidak dilapisi oleh kutikula. Lingkungan hidup yang relatif “nyaman” tidak mengharuskan ganggang melindungi gamet – gametnya dengan lapisan pelindung steril. Gamet pada ganggang berenang bebas di dalam air demikian pula zigotnya terdapat bebas di perairan. Zigot selanjutnya

langsung berkembang membentuk gametofit sehingga tidak dikenal embrio. Pada tumbuhan, struktur penghasil gamet lebih kompleks, zigot dilindungi lapisan steril pada gametangium betina.

Ganggang yang meliputi 20.000 – 30.000 jenis memiliki struktur tubuh yang sangat beragam. Anggota kelompok ini dapat berupa organisme bersel satu yang hidup sendiri (soliter) atau berkoloni, berbentuk filamen bercabang atau tidak bercabang, berbentuk lembaran atau bahkan menyerupai tumbuhan dengan bagian-bagian yang seperti akar, batang, dan daun.

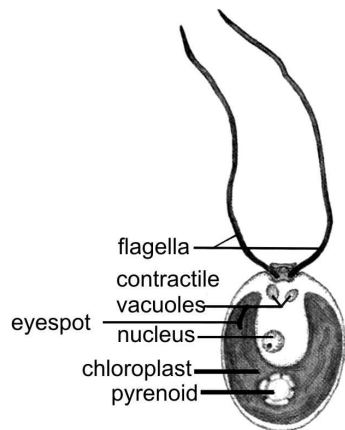
### A. GANGGANG BERSEL SATU (*UNISELULER*)

Ganggang bersel satu yang hidup soliter (tidak berkoloni) dijumpai pada beberapa kelompok ganggang antara lain *Chlamydomonas* yang termasuk ganggang hijau. Diatomae anggota Bacillariophyta serta kelompok ganggang uniseluler dan berflagela meliputi Euglenoid, Dinoflagellata serta *Cryptophyta*.

#### 1. *Chlamydomonas*

Ganggang ini merupakan ganggang hijau penghuni air tawar yang cukup banyak dikenal. Sel *Chlamydomonas* berbentuk oval, pada bagian ujung terdapat sepasang flagella (Gambar 1.1). Ganggang ini berukuran sangat kecil, sekitar 25  $\mu\text{m}$ , kira-kira tiga kali dari ukuran sel darah merah manusia. Pada *Chlamydomonas* dijumpai vakuola kontraktil yang diduga berfungsi untuk mengatur kandungan air di dalam sel melalui mekanisme kontraksi dan relaksasi. Vakuola ini berada di ujung sel dekat pangkal flagella.

Ganggang ini memiliki sebuah kloroplas berbentuk piala berukuran besar yang melingkupi nucleus yang berada di bagian tengahnya. Di dalam kloroplas tersebut dijumpai satu sampai dua pirenoid berbentuk membulat. Pirenoid adalah suatu badan protein yang diduga mengandung enzim yang



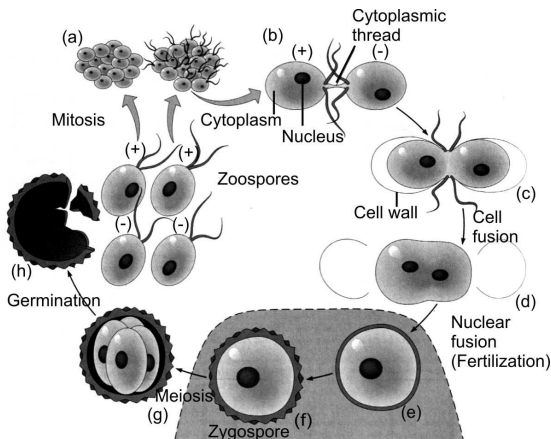
Gambar 1.1  
Sel *Chlamydomonas*  
dan bagian-bagiannya

berperan dalam sintesis pati. Selain organel-organel tersebut, *Chlamydomonas* juga memiliki bintik mata merah yang berada di dekat pangkal flagella. Bintik mata ini mengandung pigmen rhodopsin sehingga sensitif terhadap cahaya, hal ini berkaitan dengan gerakan sel-sel ganggang yang dipengaruhi cahaya (fototaksis).

### Reproduksi

*Chlamydomonas* melakukan reproduksi secara sexual maupun aseksual. Reproduksi aseksual terjadi melalui pembelahan mitosis. Sebelum memulai pembelahan sel, flagellanya mengalami degenerasi. Selanjutnya nukleus mulai membelah. Pembelahan mitosis kadang terjadi berturut-turut hingga dihasilkan empat, delapan sampai 32 sel kecil. Sel anak kemudian membentuk flagella dan terus tumbuh hingga mencapai ukuran normal. Pada saat tersebut sel dapat memulai pembelahan berikutnya.

Pada keadaan lingkungan dengan suhu, serta cahaya tertentu ganggang ini dapat melakukan reproduksi sexual. Sepasang sel *Chlamydomonas* saling mendekat dan berfungsi sebagai gamet, mula-mula dinding sel terlepas kemudian diikuti dengan penggabungan protoplas membentuk zigot, seperti terlihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2  
Reproduksi seksual pada *Chlamydomonas*

Selanjutnya dinding zigot menebal, mengalami masa istirahat selama beberapa minggu. Perubahan kondisi lingkungan secara tiba-tiba akan

memacu terjadinya pembelahan meiosis membentuk empat zoospora haploid.

## 2. Diatomae

Ganggang bersel satu anggota *Bacillariophyta* ini merupakan kelompok yang cukup dikenal karena peranannya yang cukup penting dalam bidang industri. Diatom hidup di air tawar maupun air laut, namun lebih banyak dijumpai di laut yang bersuhu dingin. Selain itu ganggang ini juga dijumpai di kulit pohon, dinding-dinding bangunan maupun lahan terbuka. Secara morfologi sel Diatomae tampak menyerupai kotak kecil yang dilengkapi tutup. Dinding sel diatom memiliki alur-alur serta pori halus yang menghubungkan protoplas dengan lingkungan air sekitarnya. Alur-alur pada sel inilah yang menyebabkan sel-sel diatom tampak seperti kotak berukir.

Penyusun utama dinding sel diatom adalah silika, bahan tersebut ditimbun diantara rangka yang tersusun oleh zat pektin serta bahan-bahan lainnya. Bentuk sel diatom beraneka ragam, pada umumnya memiliki simetris bilateral atau radial. Sel diatom tidak berflagela, beberapa jenis yang bersifat motil bergerak dengan bantuan substansi berupa bahan lengket. Setiap sel diatom mengandung satu atau lebih kloroplas. Selain kloroplas dijumpai pula fucoxantin, suatu pigmen kecoklatan yang membuat ganggang ini tampak berwarna coklat keemasan.

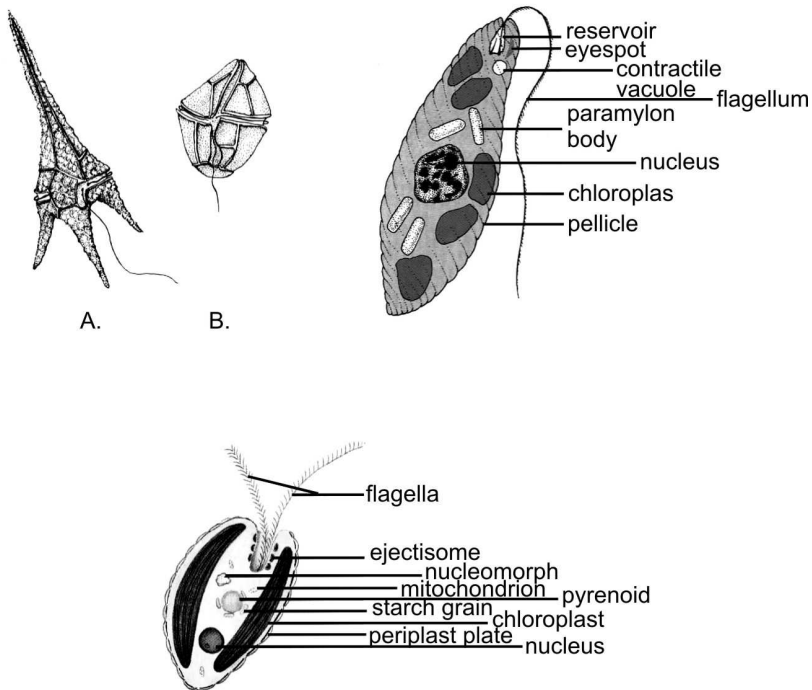
### *Reproduksi*

Diatom memperbanyak diri dengan cara seksual maupun asexual. Reproduksi secara asexual terjadi melalui pembelahan mitosis. Pembelahan yang terjadi secara terus menerus akan menghasilkan sel-sel diatom dengan ukuran yang semakin kecil. Reproduksi seksual melibatkan pembelahan meiosis dalam pembentukan gamet-gamet. Dari empat sel haploid yang diperoleh beberapa mengalami degenerasi sehingga hanya satu sampai dua gamet yang berfungsi. Penggabungan dari gamet-gamet membentuk zigot yang selanjutnya akan berkembang menjadi sel diploid. Siklus hidup Diatom termasuk tipe gametik, seperti terlihat pada Gambar 1.3.

## 3. Ganggang Uniseluler Berflagella

Selain yang disebutkan di atas, ada pula kelompok ganggang uniseluler berflagela, meliputi kerabat *Euglena* (Euglenoid), Dinoflagelata dan

Cryptophyta. Kelompok ini telah lama menjadi perhatian para ahli hewan maupun tumbuhan, sehubungan dengan karakternya yang memiliki kemiripan dengan hewan serta tumbuhan. Kelompok ini mirip dengan tumbuhan karena memiliki klorofil a atau c. Sebaliknya organisme ini menyerupai hewan karena tidak memiliki dinding sel. Sel diselubungi oleh **pellicle** yang fleksibel, yaitu membran plasma dilapisi dengan protein tambahan. Sel-sel Dinoflagelata memiliki bentuk yang kaku karena adanya plat selulosa yang terdapat di sebelah dalam membran sel.



Gambar 1.3.  
Ganggang uniseluler berflagela  
a. *Ceratium* (1) dan *Gonyaulax* (2) Dinoflagellata  
b. *Euglena*  
c. *Cryptomonas* (Cryptophyta)



#### 4. Ganggang Uniseluler Berkoloni

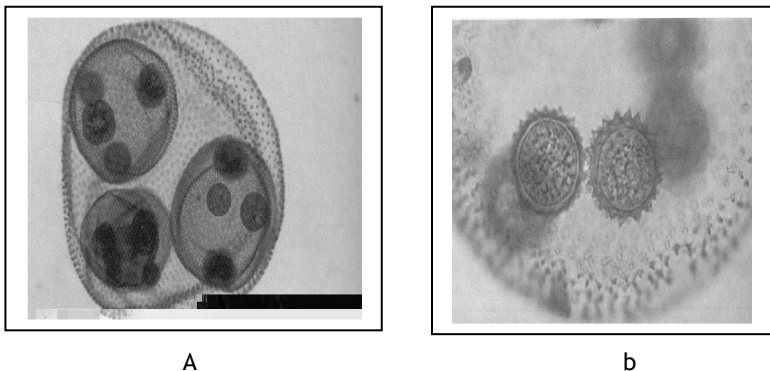
Volvox, yang termasuk ganggang hijau merupakan ganggang uniseluler berkoloni yang cukup dikenal. Koloni Volvox terdiri atas ribuan sel serupa Chlamydomonas yang tersusun membentuk bola berongga dan berflagela. Sel-sel dalam koloni saling berhubungan melalui protoplasma.

Koloni Volvox bergerak dengan cara menggelinding seperti bola, gerakan ini diatur oleh flagella dari sel-sel anggota koloni.

##### *Reproduksi*

Seperti ganggang yang lain Volvox dapat memperbanyak diri secara sexual maupun asexual. Reproduksi asexual berlangsung dengan cara pembentukan anak koloni seperti pada Gambar 1.4a. Mula-mula sel-sel tertentu membesar, kemudian tumbuh ke arah dalam membentuk anak koloni-koloni baru ini akan terlepas pada saat koloni induk pecah.

Reproduksi sexual terjadi melalui oogami. Sel-sel tertentu seperti yang membentuk koloni membesar dan berkembang menjadi sel telur. Sperma dihasilkan oleh koloni yang sama atau koloni lain. Hal ini berarti koloni dapat bersifat uniseksual, karena menghasilkan satu macam gamet, atau biseksual karena mampu membentuk dua macam gamet.

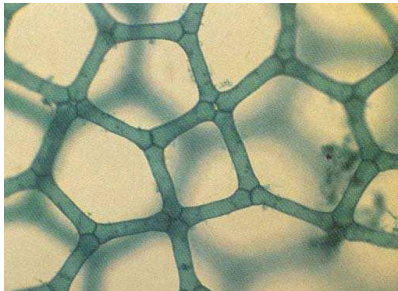


Gambar 1.4  
Koloni *Volvox* mengandung anak koloni (a)  
dan zigot berdinding tebal berduri (b)

Selanjutnya sel-sel sperma berenang menuju sel telur dan membuahnya membentuk zigot. Untuk sementara waktu zigot mengalami masa istirahat. Zigot yang bersifat dorman ini memiliki dinding yang tebal dengan tonjolan-

tonjolan, seperti duri seperti pada Gambar 1.4b. Zigot yang aktif kembali kemudian mengalami meiosis menghasilkan zoospora yang bersifat haploid.

Contoh lain dari ganggang uniseluler berkoloni adalah *Hydrodictyon*, suatu ganggang hijau bersifat non motil. Koloni ganggang ini tersusun oleh sel-sel berbentuk memanjang yang saling bersambungan membentuk struktur polygonal, (Gambar 1.5). Oleh karena penampilan yang menyerupai jala, ganggang ini dikenal sebagai jala air (water net). Keseluruhan koloni berupa silinder berongga.



Gambar 1.5  
Koloni *Hydrodictyon*, ganggang hijau bersifat non motil

## 5. Ganggang Berbentuk Filamen

Struktur ganggang ini menyerupai benang, ada yang bercabang-cabang maupun tidak bercabang. Sel-sel penyusunnya ada yang berinti tunggal, ada pula yang berinti banyak (multi nukleat). Ganggang dengan struktur seperti ini banyak dijumpai diantara ganggang hijau, namun dikenal pula pada ganggang coklat serta ganggang merah.

### a. *Spirogyra*

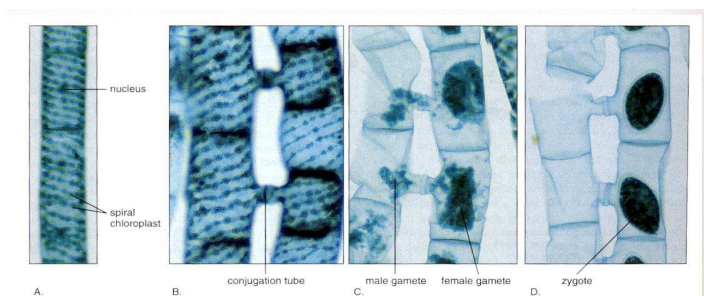
*Spirogyra* banyak dijumpai di air tawar, ganggang ini sering terlihat berjumbari pada permukaan air yang tenang. *Spirogyra* berupa filamen tak bercabang yang tersusun oleh sel-sel silindris. Setiap sel mengandung kloroplas berbentuk pita melingkar menyerupai spiral dapat dilihat pada Gambar 1.6. Pada kloroplas terdapat pirenoid yang mudah terlihat. Selain kloroplas, terdapat vakuola yang mengisi sebagian besar ruangan sel.

### *Reproduksi*

Spirogyra tidak membentuk zoospora ataupun sel berflagela. Setiap sel penyusun filamen ganggang ini memiliki kemampuan membelah namun pembelahan sel untuk membentuk filamen baru terjadi secara alami bila filamen patah oleh badai atau gangguan lain. Dengan cara ini terjadi reproduksi aseksual melalui fragmentasi.

Reproduksi seksual pada spirogyra oleh sifatnya yang berkelompok sehingga filamen-filamen berada berdekatan satu sama lain. Hal ini diawali dengan pembentukan tonjolan berupa papilla pada sel-sel filamen yang berhadapan. Akibat pemanjangan dari kedua belah pihak maka ujung-ujung tonjolan pada akhirnya bersentuhan diikuti dengan peleburan membentuk tabung konjugasi yang menghubungkan pasangan sel tersebut. Proses ini diikuti dengan pepadatan protoplas yang selanjutnya berfungsi sebagai gamet. Salah satu dari pasangan protoplas akan berpindah tempat untuk berfusi dengan protoplas pasangannya. Protoplas yang berpindah tempat dianggap sebagai gamet jantan, sebaliknya yang tetap tinggal didalam sel dianggap gamet betina (Gambar 1.6).

Zigot yang terbentuk mengalami penebalan dinding dan bersifat dorman sampai mendapatkan kondisi lingkungan yang sesuai, berakhirnya musim dingin. Selanjutnya zigot mengalami meiosis menghasilkan empat sel haploid, namun tiga sel diantaranya mengalami disintegrasi. Sel yang tersisa tumbuh membentuk filamen baru.

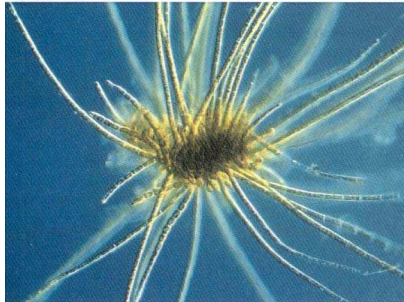


**Gambar 1.6**  
Sel Spirogyra (A) serta tahap-tahap konyugasi (B, C, dan D)

### *b. Ectocarpus*

Ganggang ini merupakan ganggang coklat yang berbentuk filamen berukuran mikroskopis. Ectocarpus tumbuh pada batuan atau permukaan

ganggang lain yang lebih besar dalam laut. Struktur tubuh *Ectocarpus* berupa filamen bercabang-cabang, ganggang ini mempunyai sifat isomorfik, artinya individu gametofit yang bersifat haploid memiliki bentuk dan ukuran yang sama dengan individu sporofit (diploid). Apabila kita menemukan talus *Ectocarpus* kita tidak dapat mengenali apakah ganggang tersebut merupakan gametofit atau sporofit.

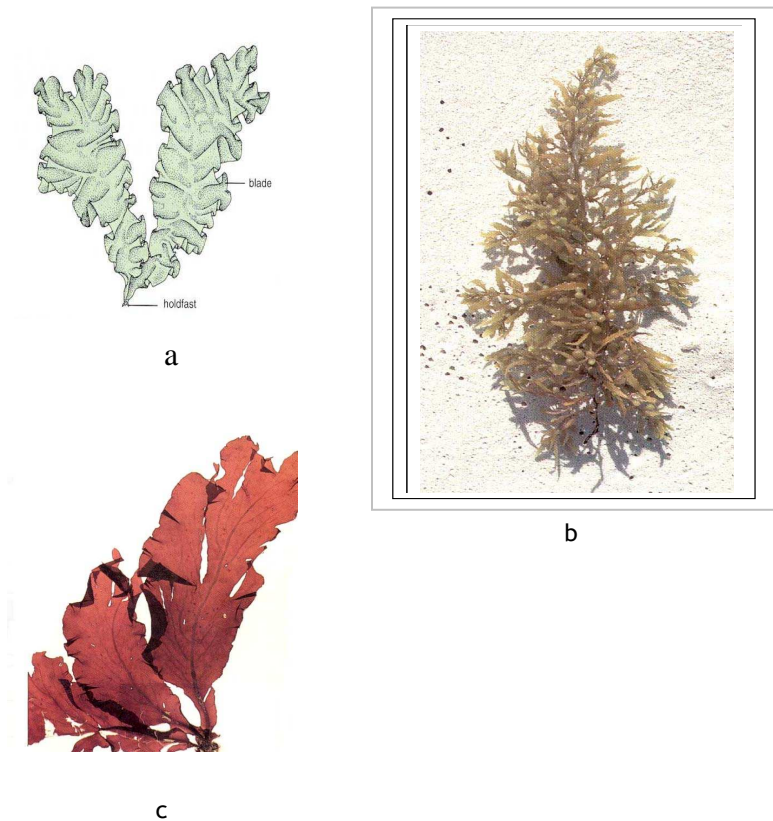


Gambar 1.7  
Filamen *Ectocarpus* yang diamati dalam mikroskop

Pada *Ectocarpus* reproduksi terjadi secara seksual maupun asexual. Siklus hidupnya memiliki tipe sporik, dimana meiosis menghasilkan spora haploid yang akan membentuk gametofit.

## 6. Ganggang Multiseluler Berbentuk Lembaran

Ganggang dengan talus berupa lembaran merupakan penyusun utama rumput laut (sea weed). Secara taksonomi rumput laut terdiri atas kelompok ganggang hijau, ganggang merah, dan ganggang coklat. Ganggang bentuk lembaran yang cukup kompleks dapat dibedakan menjadi bagian-bagian yang serupa akar, batang dan daun.



Gambar 1.8

Contoh Ganggang multiseluler bentuk lembaran:

- a. *Ulva* (ganggang hijau)
- b. *Gigartina* (ganggang merah)
- c. *Sargassum* (ganggang coklat)

Macrocystis merupakan ganggang berbentuk lembaran dengan ukuran yang sangat besar. Ganggang dewasa dapat mencapai panjang 60 m.

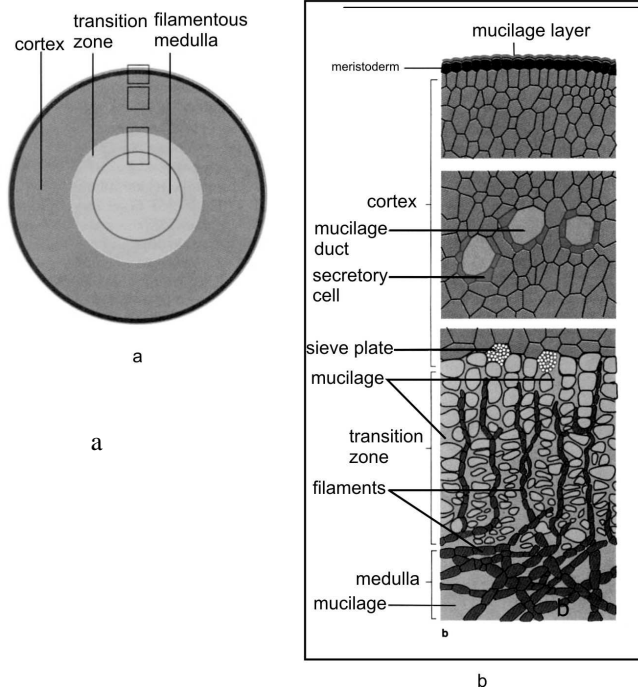
Talus dari ganggang ini dapat dibedakan atas bagian-bagian: **hold fast** yakni bagian serupa akar yang berfungsi sebagai jangkar untuk melekat pada dasar laut, **stipes** yakni bagian serupa batang, **lembaran** yakni bagian serupa daun yang menempel sepanjang stipes. Pada dasar lembaran terdapat bladder suatu struktur seperti gelembung berisi gas yang berfungsi untuk mengapung.



Gambar 1.9  
Morfologi *Macrocystis*, ganggang coklat raksasa

Di sebelah dalam meristoderm adalah bagian korteks yang cukup luas. Sel-sel penyusunnya berupa parenkima. Diantara parenkima terdapat sel-sel penghasil lendir yang mengelilingi suatu saluran lendir. Bagian dalam stipes disebut bagian medulla, tersusun oleh sel-sel yang membentuk deretan. Deretan sel-sel ini mengisi bagian medulla dalam susunan yang agak longgar.

Pada daerah transisi antara korteks dan medulla terdapat sel-sel menyerupai elemen tapis pada tumbuhan tinggi. Sel-sel ini memiliki lempeng-lempeng berpori seperti lempeng tapis yang tersusun oleh bahan berupa kalose. Sel-sel ini saling bersambungan dengan sel-sel lain serupa, membentuk semacam saluran. Kalau pada tumbuhan tinggi saluran tapis berperan dalam penyaluran gula, pada ganggang berfungsi untuk menyalurkan manitol.



Gambar 1.10.  
Struktur anatomi stipes dari *Macrocyctis porifera*

- diagram dari potongan melintang stipes
- struktur anatomi stipes mulai dari bagian terluar, korteks dan medula

## B. SIKLUS HIDUP PADA GANGGANG

Seperti pada tumbuhan dan cendawan, reproduksi seksual pada ganggang mengalami pergiliran generasi antara fase diploid dan fase haploid. Fase diploid membentuk fase haploid melalui pembelahan meiosis. Gamet haploid yang dihasilkan selanjutnya akan berfusi membentuk zigot yang merupakan tahap awal dari fase diploid. Pada ganggang fase haploid maupun diploid hidup bebas. Hal ini berbeda dengan tumbuhan, dimana pada saat dewasa salah satu fase menumpang pada fase lainnya. Pada lumut sporofit yang merupakan fase diploid menempel pada gametofit yang

merupakan fase haploid. Sebaliknya pada tumbuhan berbiji gametofit yang terdapat di dalam menempel pada sporofit yang berupa individu tumbuhan. Keadaan ini juga berbeda dengan siklus hidup pada cendawan yang memiliki fase haploid yang dominan. Pada cendawan fase diploid hanya dijumpai pada zigot, sedangkan pada ganggang terdapat fase diploid berupa talus multiseluler. Pada ganggang dikenal tiga tipe siklus hidupnya, yaitu tipe zigot, tipe genetik dan tipe sporik.

### **1. Siklus Hidup Tipe Zigotik**

Tipe ini dijumpai secara luas pada ganggang hijau, hampir semua ganggang hijau uniseluler mengikuti tipe zigotik ini. Pada tipe ini dalam sepanjang hidupnya fase yang dominan adalah fase haploid. Tipe ini serupa dengan siklus hidup cendawan dimana fase diploid hanya dijumpai pada zigot. Fase haploid dibentuk pada saat zigot mengalami pembelahan meiosis.

### **2. Siklus Hidup Tipe Gametik**

Tipe ini mirip dengan siklus hidup pada hewan, dalam hal pembentukan gamet. Seperti pada hewan gamet dibentuk secara langsung dari pembelahan meiosis yang terjadi pada sel-sel tertentu dari fase diploid. Pada ganggang tipe siklus hidup ini termasuk jarang.

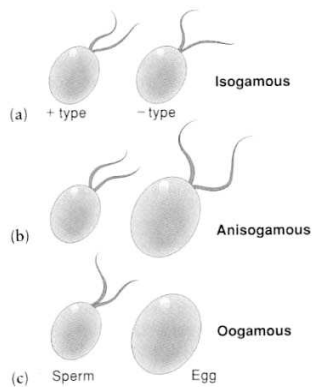
### **3. Siklus Hidup Tipe Sporik**

Tipe ini menyerupai siklus hidup pada tumbuhan. Pada kelompok ini sel-sel tertentu pada fase diploid yang multiseluler mengalami meiosis menghasilkan spora. Oleh karena menghasilkan spora, fase diploid disebut sebagai sporofit. Spora haploid yang dihasilkan dapat berupa spora berflagela yang mampu berpindah tempat (motil) yang dikenal dengan zoospora atau spora non motil yang disebut aplanospora. Spora haploid yang tumbuh mengalami pembelahan mitosis membentuk talus yang akan menghasilkan gamet sehingga disebut gametofit. Jadi berbeda dengan tipe gametik, pada tipe sporik fase diploid yang mengalami meiosis tidak langsung membentuk gamet melainkan menghasilkan spora. Gamet dibentuk oleh gametofit yang tumbuh dari spora.

Gamet pada ganggang secara morfologi sangat beragam, namun pada umumnya gamet memiliki satu atau lebih flagela yang digunakan untuk berenang (kecuali gamet pada ganggang merah). Sehubungan dengan



perbedaan gamet jantan dan betina, dijumpai tiga tipe kawinan: isogami, anisogami dan oogami.



Gambar 11.  
Morfologi gamet dan tipe-tipe perjodohan pada ganggang

*a. Isogami*

Semua gamet secara morfologi tampak serupa, tidak dapat dibedakan antara gamet jantan dan betina walaupun secara genetik berbeda. Dalam kondisi demikian gamet dibedakan dengan notasi gamet + dan gamet -.

*b. Anisogami*

Semua gamet berflagela, namun terdapat perbedaan ukuran. Gamet yang berukuran lebih besar biasanya dianggap gamet betina, sedangkan yang lebih kecil dianggap sebagai gamet jantan.

*c. Oogami*

Gamet yang berukuran lebih besar tidak berflagela sehingga bersifat non motil, sedangkan gamet yang berukuran kecil ada yang berflagela ataupun tidak berflagela. Gamet berukuran besar dan non motil tersebut ditentukan sebagai sel telur sedangkan yang lebih kecil sebagai sel sperma.

#### 4. Siklus Hidup Tipe Zigotik: pada Ulothrix

Siklus hidup tipe zigotik terjadi antara lain pada Ulothrix, suatu ganggang hijau bentuk filamen. Tipe ini juga dijumpai pada

Chlamydomonas, ganggang hijau yang banyak menghuni air tawar. Sel-sel penyusun talus Ulothrix bersifat haploid. Pada tahap awal reproduksi seksual beberapa sel membelah secara mitosis berkali-kali menghasilkan banyak gamet pada sel induk. Dalam kasus seperti ini sel-sel induk tersebut berfungsi sebagai gametangium. Gamet-gamet dari ganggang Ulothrix sangat mirip dengan sel-sel Chlamydomonas yang merupakan individu ganggang tersebut. Keduanya memiliki sepasang flagela pada bagian depan (anterior) yang digunakan untuk berenang-renang di dalam air. Bila gamet Ulothrix bertemu dengan gamet yang serasi, kedua gamet tersebut saling berpasangan selanjutnya berfusi membentuk zigot diploid yang memiliki 4 flagela.

Secara kasat mata gamet-gamet dihasilkan oleh ganggang Ulothrix tampak serupa, sehingga disebut sebagai isogamet. Akan tetapi sebenarnya di dalam gamet-gamet yang serupa tersebut terkandung informasi genetik yang berbeda. Kandungan informasi genetik ini dapat dikenali sehingga memungkinkan pasangan gamet-gamet yang serasi untuk berfusi. Berdasarkan pengenalan tersebut pasangan gamet tertentu serasi untuk berfusi, sementara kombinasi gamet lainnya tidak dapat berfusi. Tampaknya terdapat dua tipe gamet yang secara sederhana disebut sebagai tipe + (plus) dan tipe - (minus). Setiap individu Ulothrix hanya menghasilkan satu tipe gamet, yaitu gamet tipe + atau tipe -, sehingga gamet-gamet yang dihasilkan oleh individu yang sama tidak akan berjodoh, sedangkan gamet-gamet yang dihasilkan oleh individu-individu berbeda dapat berfusi.

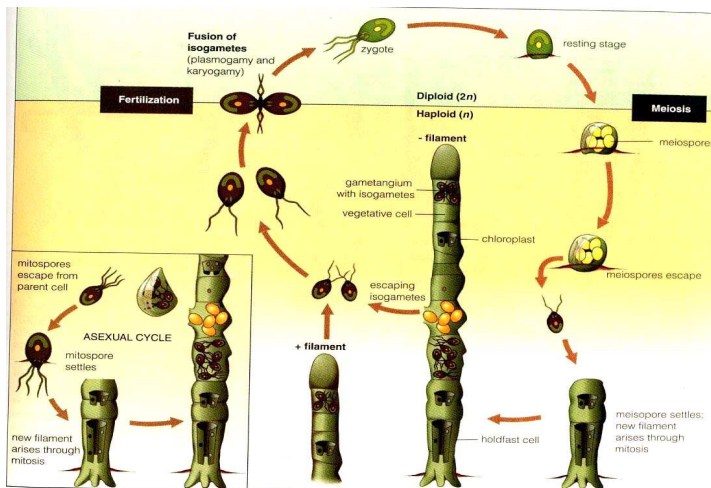
Zigot dihasilkan dari fusi gamet berkembang sehingga berbentuk steril, kehilangan flagela selanjutnya memasuki masa istirahat. Pada fase ini zigot mampu bertahan terhadap perubahan kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti kondisi udara yang kering. Pada tahap awal masa pertumbuhan zigot mengalami peningkatan aktivitas metabolisme kemudian diikuti dengan pembelahan secara meiosis menghasilkan miospor + dan miospor - yang masing-masing mampu berkembang menjadi individu baru. Bila miospor tersebut akan berkecambah selanjutnya mengalami pembelahan mitosis secara terus menerus membentuk individu haploid tipe + atau tipe -.

Pada Ulothrix, reproduksi aseksual terjadi manakala sebuah sel vegetatif berkembang menjadi sporangium. Sporangium tersebut akan menghasilkan mitospora yang berbentuk seperti buah pir dan memiliki empat flagela. Jumlah mitospora yang dihasilkan oleh setiap sporangium berkisar antara 14 – 64 buah. Setelah beberapa saat berenang-renang di air mitospora yang motil ini akhirnya melekat pada dasar kolam, kehilangan

flagela selanjutnya mulai mengalami pembelahan mitosis membentuk individu baru. Selain itu terdapat pula beberapa mitospora yang mengalami dormansi sebagai upaya pertahanan terhadap kondisi lingkungan yang buruk. Siklus hidup tipe zigotik pada *Olothrix* dapat dipelajari pada Gambar 1.12.

### 5. Siklus Hidup Tipe Gametik: Diatom

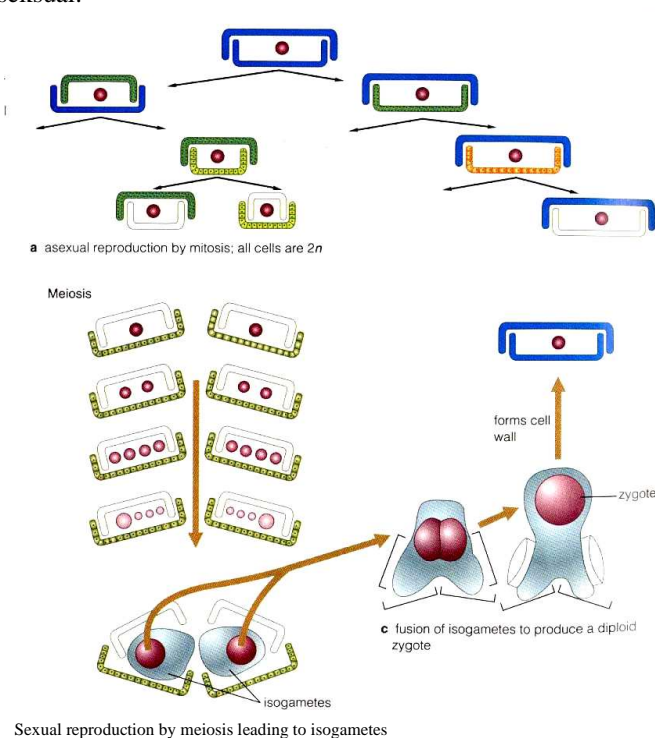
Sel-sel pada *Diatomae* bersifat diploid. Pada proses pembentukan gamet nukleus mengalami meiosis menghasilkan empat nukleus haploid. Dari empat nukleus yang terbentuk beberapa mengalami degenerasi sehingga hanya satu atau dua yang mampu bertahan dan menjadi gamet. Karena sel-sel diploid ini langsung membentuk gamet, sel-sel tersebut berfungsi sebagai gametangium.



Gambar 1.12.  
Siklus hidup zigotik pada *Olothrix*

Bila dua gametangium *Diatomae* berada berdekatan keduanya akan terbuka, masing-masing melepaskan gamet. Selanjutnya kedua gamet berfusi membentuk zigot yang bersifat diploid. Zigot membesar dan mengalami masa istirahat untuk sementara waktu. Zigot yang akan berkembang mensekresi material yang akan membentuk dinding silika selanjutnya menjadi *Diatom* vegetatif yang bersifat diploid. Siklus hidup *Diatomae* secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.13.

Pada Diatomae, reproduksi aseksual terjadi melalui pembelahan sel. Sel Diatomae terdiri atas dua keping dinding silika yang berpasangan seperti wadah dan tutup dari sepasang cawan petri. Pada pembelahan sel dinding sel baru dibentuk di sebelah dalam dinding sel induk. Bagian wadah akan membentuk tutup baru di sebelah dalamnya, demikian juga bagian tutup akan membentuk wadah baru di sebelah dalamnya seperti pada Gambar 1.13. Reproduksi aseksual dengan cara tersebut terjadi berulang kali sehingga dihasilkan individu baru dengan ukuran yang semakin kecil. Kejadian ini terus berlanjut hingga pada suatu saat tercapai ukuran minimal, pada saat tersebut reproduksi secara aseksual dihentikan. Untuk memperoleh individu baru dengan ukuran yang besar lagi sel Diatom harus melakukan reproduksi secara seksual.



Gambar 1.13  
Siklus hidup gametik pada Diatomae

## **6. Siklus Hidup Tipe Sporik: Generasi Isomorfik pada Ectocarpus.**

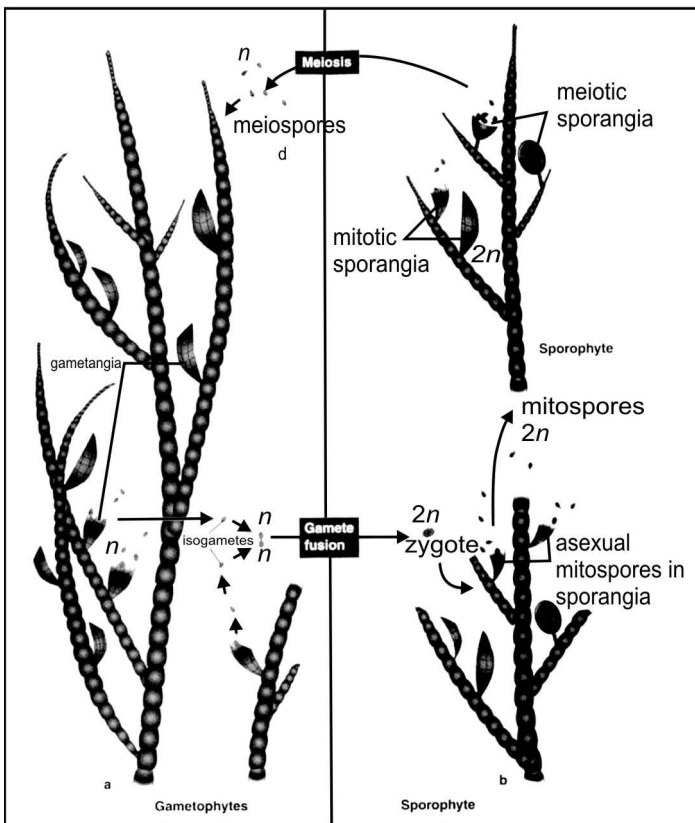
Ectocarpus merupakan ganggang coklat berbentuk filamen yang sering dijumpai di perairan bergaram daerah beriklim sedang. Pada ganggang dengan siklus hidup tipe sporik seperti ini gamet-gamet dihasilkan oleh gametangium yang bersifat haploid melalui pembelahan mitosis. Gamet-gamet yang dihasilkan memiliki dua flagela yang muncul dari bagian tengah sel. Gamet-gamet tersebut terdiri dari tipe + dan tipe – namun tampak serupa sehingga termasuk kelompok isogamet. Fusi dari isogamet + dan isogamet – yang terjadi di perairan menghasilkan zigot diploid yang selanjutnya melekat pada dasar perairan. Zigot yang berkembang mengalami pembelahan mitosis membentuk individu diploid yang disebut sporofit. Talus sporofit yang bersifat diploid ini sangat mirip bentuk maupun ukurannya dengan gametofit yang bersifat haploid. Bila di laut kita menemukan talus Ectocarpus kita tidak dapat mengenali apakah individu tersebut merupakan sporofit diploid ataukah gametofit (haploid). Untuk membedakan keduanya kita dapat memeriksa apakah kromosomnya yang bersifat diploid atau haploid. Kondisi seperti Ectocarpus, yaitu generasi sporofit berpenampilan sama dengan gametofit disebut bersifat isomorfik.

Sporofit pada tipe ini menghasilkan dua macam sel reproduktif. Sekelompok sel pada sisi cabang melepaskan sel-sel yang bersifat motil. Sel-sel tersebut bukan berupa gamet, namun merupakan spora asexual yang dibentuk secara mitosis, disebut mitospora. Bila mitospora tumbuh akan dihasilkan individu baru bersifat diploid. Individu baru yang terbentuk merupakan sporofit, sama seperti induknya. Selain itu pada sporofit dijumpai pula sporangium berbentuk sferis. Di dalam sporangium tersebut terjadi pembelahan meiosis yang menghasilkan meiospor haploid. Secara morfologi meiospor yang dibentuk sangat mirip dengan gamet maupun mitospora. Bila meiospor berkecambah akan tumbuh menjadi gametofit (haploid). Siklus hidup Ectocarpus yang termasuk tipe sporik dengan generasi isomorfik dapat dilihat pada Gambar 1.14.

## **7. Siklus Hidup Tipe Sporik dengan Generasi Heteromorfik**

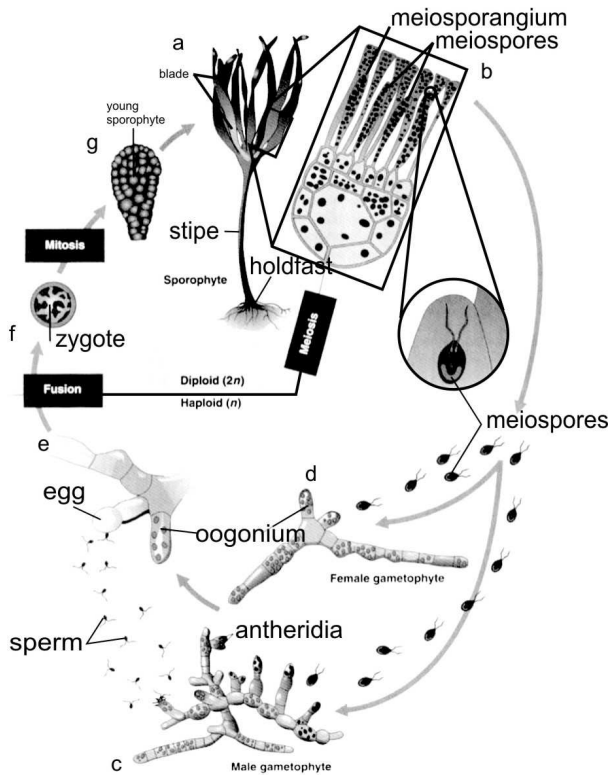
Selain tipe sporik dengan generasi isomorfik seperti Ectocarpus, dijumpai pula tipe sporik dengan generasi heteromorfik, misal pada ganggang Laminaria. Pada Laminaria yang merupakan ganggang coklat ini individu gametofit tidak identik dengan individu sporofit. Sporofit berukuran besar, terdiri dari talus berukuran besar dilengkapi dengan pelekat serta tangkai

yang panjang. Sedangkan gametofit berukuran kecil tersusun oleh benang-benang bercabang seperti dalam Gambar 1.15.



Gambar 1.14

Siklus hidup tipe sporik dengan generasi isomorfik pada Ectocarpus



Gambar 1.15  
Siklus hidup tipe sporik dengan generasi heteromorfik pada Laminaria



## LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Uraikan secara ringkas struktur tubuh ganggang secara umum dan jelaskan hubungannya dengan lingkungan hidupnya.
- 2) Apakah ganggang dapat digolongkan dalam kelompok tumbuhan? Berikan penjelasan Anda.

- 3) Apakah yang anda ketahui tentang generasi diploid dan generasi haploid. Uraikan dengan singkat mengenai cara terjadinya.
- 4) Jelaskan tentang tipe-tipe perjodohan isogami, anisogami serta oogami pada ganggang.
- 5) Apabila di pantai anda menemukan talus dari suatu jenis ganggang, dapatkah anda simpulkan talus tersebut merupakan fase sporofit atau gametofit?

*Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Untuk menjawab pertanyaan ini, perhatikan dengan baik lingkungan hidup ganggang, yaitu pada umumnya berupa perairan. Sifat fisik lingkungan perairan, serta ketersediaan unsur hara perlu menjadi perhatian dalam mengkaji pertanyaan ini.
- 2) Coba perhatikan lingkungan hidup tumbuhan yaitu daratan. Telaah pula berbagai masalah yang harus dihadapi tumbuhan di habitatnya, yang pada gilirannya menuntut adaptasi struktur tubuhnya. Bandingkan keadaan ini dengan struktur tubuh dan habitat ganggang, maka Anda akan memperoleh gambaran yang jelas.
- 3) Untuk menjawab pertanyaan ini Anda sebaiknya mengingat kembali materi terdahulu tentang pembelahan mitosis dan meiosis. Selanjutnya perhatikan proses-proses yang terjadi dalam siklus hidup lumut, terutama pada saat pembentukan spora serta fusi dari gamet jantan dan gamet betina pada saat pembentukan zigot. Anda pasti dapat menjawab pertanyaan ini dengan baik.
- 4) Perhatikan perbedaan antara ke-3 tipe gamet tersebut. Coba kaji bagaimana cara gamet tersebut mengenali pasangannya untuk kemudian berfusi. Anda disarankan untuk mempelajari kembali tipe-tipe siklus hidup pada ganggang.
- 5) Coba kaji lebih jauh perbedaan tipe isomorfik dan heteromorfik pada ganggang. Anda dapat membandingkan siklus hidup ganggang Ectocarpus dan Laminaria. Nah, Anda tidak mengalami kesulitan bukan?



**RANGKUMAN**

Ganggang merupakan Protista yang memiliki hubungan yang dekat dengan tumbuhan. Sebagian besar ganggang hidup pada lingkungan perairan, sehingga struktur tubuhnya beradaptasi dengan lingkungan air. Hal ini berbeda dengan tumbuhan yang beradaptasi dengan lingkungan darat.

Morfologi ganggang sangat bervariasi dari yang berukuran mikroskopis sampai yang memiliki ukuran sangat besar. Demikian juga dengan struktur tubuhnya, ganggang ada yang terdiri dari satu sel, berupa benang (filamen) bercabang atau tak bercabang ada pula yang berupa lembaran. Pada umumnya tubuh ganggang tersusun oleh jaringan yang sederhana.

Reproduksi pada ganggang terjadi secara seksual dan aseksual. Dalam reproduksi seksual ganggang dijumpai beberapa macam gamet, sehingga dikenal tiga tipe perjumpahan, yaitu isogami, anisogami dan oogami. Selain itu pada kelompok ini dikenal tiga tipe siklus hidup, yaitu tipe sporik, tipe gametik, dan, tipe zigotik. Fase sporofit dan gametofit pada beberapa ganggang dapat dibedakan, namun pada kelompok lainnya kedua fase ini sangat mirip sehingga tidak dapat dibedakan satu sama lain.

**TES FORMATIF 1**

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Berikut ini adalah ciri ganggang yang tidak berbeda dengan tumbuhan ....
  - A. dinding sel tersusun oleh selulosa
  - B. cadangan makanan berupa pati
  - C. pigmen fotosintesis berupa klorofil a dan b
  - D. zigot tidak dilindungi jaringan steril
- 2) Merupakan ganggang bersel satu yang berkoloni ....
  - A. Chlamydomonas
  - B. Diatomae
  - C. Euglena
  - D. Volvox

- 3) Reproduksi seksual dengan cara konjugasi ....
  - A. Chlamydomonas
  - B. Diatomae
  - C. Euglena
  - D. Spirogyra
- 4) Berikut ini adalah ciri struktur Diatomae *kecuali* ....
  - A. ber sel satu
  - B. terdiri atas bagian wadah dan bagian tutup
  - C. dinding sel tersusun oleh silica
  - D. berflagela
- 5) Ganggang *Macrocystis* penyusun kelp ....
  - A. bentuk menyerupai filamen
  - B. hanya tersusun oleh jaringan parenkim
  - C. lapisan pelindung berupa epidermis
  - D. dapat dibedakan bagian-bagian hold fast, stipes dan lembaran
- 6) Oogami ....
  - A. Gamet-gamet berukuran sama
  - B. Gamet jantan dan betina tidak dapat dibedakan
  - C. Gamet jantan berukuran lebih besar, berflagela
  - D. Gamet betina lebih besar, tanpa flagella
- 7) Ganggang yang merupakan penghasil iodine ....
  - A. *Gellidium*
  - B. *Gracillaria*
  - C. Diatomae
  - D. *Laminaria*
- 8) Ganggang heteromorfik ....
  - A. Gamet jantan dan gamet betina berbeda
  - B. Tidak memiliki fase sporofit
  - C. Fase sporofit dan fase gametofit berbeda
  - D. Fase sporofit dan fase gametofit sama
- 9) Siklus hidup tipe sporik dengan generasi heteromorfik ....
  - A. Diatomae
  - B. *Ulothrix*
  - C. *Ectocarpus*
  - D. *Laminaria*

10) Ganggang yang dimanfaatkan sebagai sayuran

- A. *Gellidium*
- B. *Gracillaria*
- C. *Diatomae*
- D. *Ulva*

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

**KEGIATAN BELAJAR 2**

## Struktur dan Perkembangan Tumbuhan Lumut

Di tengah pertempuran hebat pada Perang Dunia ke-2 di Perancis, para petugas kesehatan tentara mengalami kesulitan akibat kekurangan kain perban yang diperlukan untuk merawat tentara yang terluka. Pada keadaan darurat tersebut para perawat menggantikan kain perban dengan sejenis material tumbuhan yang lembut yang terdapat di tempat-tempat lembab di sekitar danau. Hasil yang diperoleh sangat menggembirakan, karena material tumbuhan tersebut ternyata dapat menjadi bahan pengganti yang sangat baik untuk perban dari kain. Material pengganti ini juga memiliki kelebihan khusus, yakni mengurangi tingkat infeksi pada luka. Luka yang dibungkus dengan material tersebut memiliki tingkat infeksi yang lebih rendah dari pada luka yang dibungkus dengan perban dari kain.

Material tumbuhan yang digunakan para perawat pada masa Perang Dunia II tersebut ternyata merupakan salah satu jenis lumut yang dikenal dengan *Sphagnum*. Setelah diteliti lebih lanjut tumbuhan ini terbukti memiliki daya antiseptik. Lumut ini juga banyak dimanfaatkan sebagai komponen bahan pengisi pot, karena kemampuannya menahan air, serta memperbaiki aerasi. *Sphagnum* merupakan salah satu dari sekitar 23.000 jenis lumut yang terbagi dalam kelompok Lumut hati, Lumut daun dan Lumut tanduk. Dari ketiga kelompok ini Lumut hati dan Lumut daun merupakan kelompok besar dengan jumlah anggota relatif banyak.

### A. GAMBARAN UMUM TUMBUHAN LUMUT

Pada umumnya lumut berukuran kecil padat merupakan tumbuhan hijau. Kelompok ini memiliki kemiripan dengan ganggang hijau dalam hal menghasilkan klorofil a dan b, cadangan makanan berupa pati, dinding tersusun oleh selulosa, serta memiliki sperma yang bersifat motil.

Lumut belum memiliki jaringan vaskular yang berkembang baik, serta jaringan-jaringan yang mengalami penebalan dengan zat lignin. Sebagai akibatnya lumut tumbuh lambat dipermukaan tanah karena kemampuan penyerapan air hanya terbatas oleh daya kapilaritas. Namun beberapa lumut

daun yang merupakan kelompok maju dari tumbuhan Lumut memiliki berkas-berkas yang tersusun oleh sel-sel penyalur yang fungsinya mirip floem dan xylem.

Organ-organ seperti daun dan akar pada tumbuhan vaskular telah memiliki jaringan pembuluh, karena pada lumut struktur-struktur yang menyerupai organ-organ tersebut belum memiliki jaringan pembuluh, organ-organ tersebut belum dapat disebut dengan daun atau akar yang sesungguhnya.

Tumbuhan lumut memperoleh nutrisi dari debu, air hujan serta substansi yang terlarut di dalam air pada permukaan tanah. Rhizoid yang terdapat pada permukaan bawah tumbuhan ini membantu menancapkan tumbuhan pada tanah namun hanya sedikit yang berperan dalam absorpsi air dan unsur hara. Penyerapan air dan mineral terjadi pada sel normal pada seluruh permukaan tubuh lumut. Air dan mineral tersebut kemudian ditransportasikan ke batang dan daun dengan memanfaatkan daya kapilaritas.

Fase gametofit merupakan fase yang dominan dalam siklus hidup lumut. Gamet-gamet dibentuk secara meiosis dalam gametangia multiselular yang disebut anteridium serta arkegonium. Pada lumut sporofit berumur pendek, menghasilkan sporangium. Meskipun mampu melakukan fotosintesis sporofit menempel serta bergantung kepada gametofit. Keadaan ini berbeda dengan pada ganggang hijau seperti *Ulva* maupun *Ulothrix*, di mana sporofit dan gametofit hidup terpisah secara mandiri. Sporofit pada lumut tidak memiliki akses langsung dengan permukaan tanah. Spora yang dihasilkan mempunyai selubung berketuban sebagai upaya menghindari kekeringan.

Gamet jantan pada lumut berupa sperma dengan 2 flagela, untuk menuju sel telur sperma ini berenang dalam air. Oleh karena itu, untuk reproduksi seksualnya lumut selalu membutuhkan air.

## **1. Lumut Hati**

Lumut hati meliputi sekitar 9000 spesies. Nama Lumut hati telah dikenal sangat lama, yaitu sejak abad ke 9. Pada jaman itu tumbuhan ini diduga dapat menyembuhkan penyakit yang menyerang organ hati, mengingat bentuknya yang sangat mirip dengan organ tersebut. Ketika itu berkembang kepercayaan bahwa tumbuhan yang bentuknya menyerupai organ tertentu akan dapat menyembuhkan penyakit yang dialami organ tersebut.

Lumut hati merupakan anggota kelompok tumbuhan lumut yang paling sederhana. Pada umumnya tumbuhan ini menghuni tempat-tempat lembab dengan banyak naungan. Seperti anggota kelompok lumut lainnya, fase gametofit merupakan generasi yang dominan pada lumut hati. Gametofit berupa talus berwarna hijau pada umumnya berbentuk lembaran. Permukaan atas talus tampak licin, terdapat pori-pori dan beberapa noda berwarna gelap. Pada bagian tengah terdapat alur yang searah dengan sumbu memanjang talus. Pada permukaan bawah dijumpai rizoid, jaringan yang berupa benang halus menyerupai akar yang berfungsi untuk melekat pada tanah atau substrat tempat tumbuhnya. Rizoid ini berbeda dengan akar yang sesungguhnya, karena tidak memiliki jaringan vaskuler.

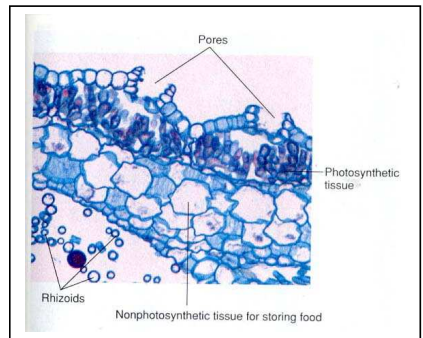
*a. Struktur Lumut Hati*

Salah satu contoh lumut hati yang terkenal adalah *Marchantia* yang banyak dijumpai pada batuan lembab di sepanjang bantaran sungai. Talus *Marchantia* selalu membentuk percabangan menggarpu (dikotom) pada bagian ujungnya. Bagian tengah talus lebih tebal, kira-kira terdiri atas 30 lapis sel, sedangkan pada bagian tepi lebih tipis, terdiri atas sekitar 10 lapis sel. Pada setiap ujung cabang terdapat **noktah** yang merupakan jaringan meristem. Pembelahan sel-sel pada jaringan tersebut menyebabkan pertumbuhan talus.

Permukaan talus lumut hati tersusun oleh lempengan-lempengan berbentuk poligonal. Lempengan-lempengan tersebut membatasi ruang-ruang kecil yang terdapat di bawahnya. Pada setiap lempengan terdapat lubang yang merupakan pintu masuk bagi ruangan tersebut. Gambar 1.16a. menunjukkan segmen-segmen pada permukaan atas lumut hati. Bila diamati di bawah mikroskop sayatan talus lumut hati tampak seperti deretan tanaman kaktus di atas dinding batu (Gambar 1.16b).



(a)



(b)

Gambar 1.16  
 Talus lumut hati dari permukaan atas (a),  
 serta struktur jaringan pada potongan melintang (b)

Sel-sel yang tersusun menyerupai dinding batu tersebut adalah sel-sel parenkima. Jaringan parenkima ini merupakan penyusun utama talus, tempat penyimpanan karbohidrat yang dibentuk di jaringan lain. Kadang-kadang pada jaringan ini juga dijumpai kloroplas dalam jumlah sedikit. Lapisan paling bawah dari talus tersusun oleh jaringan epidermis pada jaringan muncul deretan sel yang membentuk rizoid.

Kelompok-kelompok sel yang menyerupai kebun kaktus tersusun oleh sel-sel klorenkim yang bercabang-cabang. Deretan sel-sel tersebut terdapat diantara ruang udara yang besar. Setiap kelompok sel-sel terdapat dalam suatu ruangan yang dibatasi sel-sel yang tersusun vertikal dengan lempengan epidermis atas yang agak menggembung. Pada bagian tengah lempengan epidermis terdapat lubang stoma yang senantiasa terbuka tempat berlangsungnya pertukaran udara.

#### *b. Reproduksi pada Lumut Hati*

##### 1) Reproduksi Aseksual

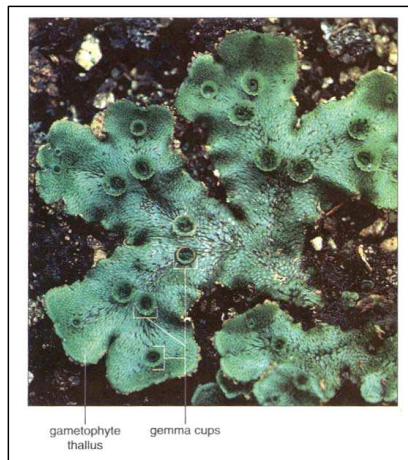
Lumut hati berkembang biak dengan cara seksual maupun aseksual. Perkembangbiakan aseksual terjadi melalui fragmentasi dan pembentukan kuncup eram (gemma)

a) Fragmentasi

Pada saat bagian yang tua dari lembaran talus mati, bagian talus yang muda berkembang dan kemudian terpisah-pisah membentuk beberapa individu baru.

b) Pembentukan kuncup eram

Kuncup eram (gemma) merupakan struktur berbentuk lensa berukuran kecil yang menonjol pada permukaan talus. Beberapa gemma dibentuk dalam suatu struktur seperti cawan yang disebut *gemma cup* (Gambar 1.17). Bila gemma telah matang air hujan akan membantu mematahkan serta melepaskan cawan (*gemma cup*) tersebut dari talus serta menyebarkan ke berbagai tempat. Gemma yang hanyut dan menemukan substrat yang cocok akan berkembang membentuk gametofit melalui pembelahan mitosis. Pada Gambar 1.17 dapat dilihat perkembangbiakan *Marchantia* melalui pembentukan gemma.



Gambar 1.17  
Kuncup eram (gemma) pada gametofit *Marchantia*

2) Reproduksi Seksual

Berbeda dengan berkembang biakan aseksual yang terjadi melalui pembelahan mitosis, perkembangbiakan seksual melibatkan peranan gamet-gamet yang dibentuk melalui pembelahan miosis gamet-gamet pada

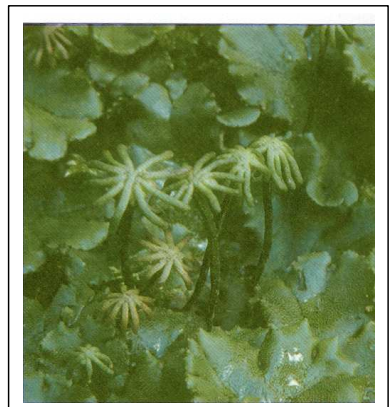


tumbuhan lumut dihasilkan oleh struktur khusus. Gamet jantan dibentuk dalam anteridium (jamak: *anteridia*), sedangkan gamet betina dihasilkan oleh struktur menyerupai botol yang disebut arkegonium (jamak: *arkegonia*). Beberapa anteridia didukung oleh bangunan seperti payung yang disebut anteridiofor, sedangkan kumpulan arkegonia terdapat pada suatu pendukung yang disebut arkegoniofor. Bentuk arkegoniofor sangat mirip dengan anteridiofor, namun pada bagian atap payung terdapat belahan-belahan yang dalam. Pada Gambar 1.17a dan 1.17b dapat dilihat perbedaan bentuk anteridiofor dan arkegoniofor. *Marchantia* termasuk tumbuhan berumah dua; talus tertentu hanya membentuk anteridiofor, sedangkan arkegoniofor terdapat pada talus yang berbeda.

Pada saat masak setiap arkegonium menghasilkan sebuah sel telur, sedangkan anteridium membentuk sel sperma berflagela dalam jumlah sangat banyak. Percikan air hujan membantu melepaskan sel sperma dari anteridium. Air hujan juga merupakan medium yang memungkinkan sel sperma berenang menuju sel telur dalam arkegonium. Dengan bantuan air hujan sel sperma dapat menempuh jarak sampai 0.5 m dari tempat asalnya. Setelah sel sperma mencapai arkegonium masak serta bertemu dengan sel telur terjadi proses fertilisasi. Zigot hasil fertilisasi selanjutnya akan berkembang membentuk embrio multiseluler yang merupakan sporofit. Gametofit menyediakan seluruh makanan serta air yang diperlukan dalam tahap awal perkembangan sporofit muda tersebut.



(a)

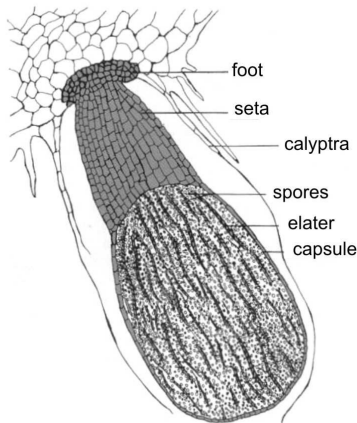


(b)

Gambar 1.18

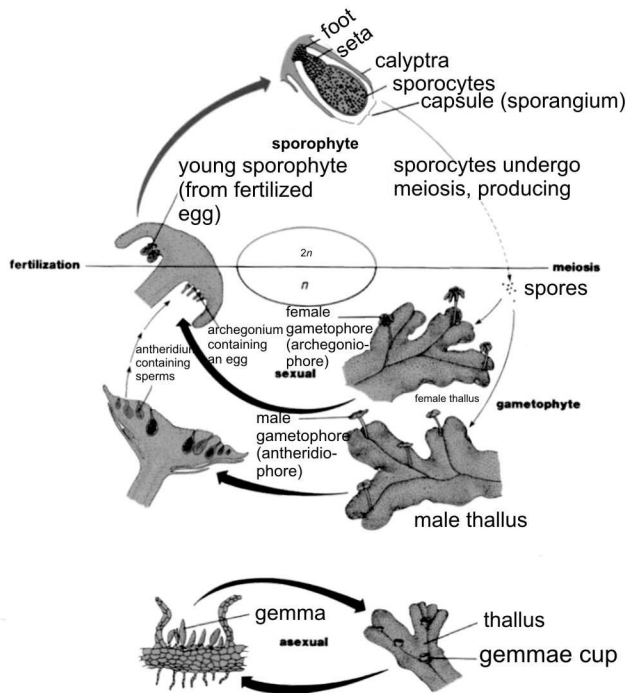
Gametofit *Marchantia* dengan anteridiofor (a) dan arkegoniofor (b)

Pada tahap berikutnya sel-sel sporofit mengalami deferensiasi. Suatu struktur menyerupai kenop pintu menancapkan sporofit pada jaringan arkegoniofor. Struktur tersebut disebut kaki. Sporofit memiliki semacam tangkai pendek tebal yang disebut seta. Bagian utama sporofit adalah suatu kapsul yang merupakan tempat perkembangan spora. Selapis sel pada bagian paling luar kapsul membentuk jaket pelindung yang merupakan jaringan steril. Lapisan terluar tersebut menyelubungi sel-sel di sebelah dalam yang akan membentuk spora. Mula-mula sel-sel di bagian dalam ini membelah secara mitosis hingga membentuk massa sel padat, sel-sel ini dikenal dengan sporosit. Setiap sporosit selanjutnya mengalami pembelahan meiosis menghasilkan empat sel haploid yang akan berkembang menjadi spora. Selain sporosit, di dalam kapsul dijumpai pula sel-sel yang tidak mengalami meiosis sehingga tetap bersifat diploid. Sel-sel ini kemudian tumbuh memanjang serta mengalami penebalan berbentuk spiral. Struktur ini dikenal dengan elatera. Elatera bersifat sensitif terhadap kelembaban udara. Perubahan tingkat kelembaban udara menyebabkan elatera tergulung atau terurai memanjang dengan cepat. Perubahan bentuk elatera secara tiba-tiba ini berperan dalam penyebaran spora. Selama masa perkembangannya sporofit dilindungi oleh kaliptra, yaitu suatu jaringan menyerupai lembaran yang muncul dari gametofit. Sporofit serta bagian-bagiannya dapat dilihat pada Gambar 1.19.



Gambar 1.19  
Sayatan membujur dari sporofit *Marchantia*

Pada saat sporofit masak, terjadi robekan pada dinding kapsul sehingga spora tersebar dengan bantuan angin. Pada kondisi yang sesuai spora berkecambah membentuk gametofit. Dalam kehidupan tumbuhan lumut generasi sporofit yang bersifat diploid akan dilanjutkan dengan generasi gametofit yang bersifat haploid. Hal ini biasa dikenal dengan pergiliran keturunan. Pergiliran keturunan dalam siklus hidup lumut hati dapat dipelajari pada Gambar 1.20.



Gambar 1.20

Siklus hidup lumut *Marchantia* meliputi reproduksi seksual (a) dan reproduksi aseksual (b)

## 2. Lumut Daun

Lumut daun merupakan kelompok yang sangat dikenal di antara tumbuhan lumut, karena jumlah anggota yang cukup banyak serta distribusi yang luas. Kelompok ini memiliki daun semu yang disebut phyllid serta batang semu yang disebut caulid. Phyllid memiliki ujung yang runcing serta tulang tengah (midrib) yang jelas, tersusun spiral pada caulid. Lumut daun sering dijumpai terhampar seperti karpet pada permukaan batuan, tanah atau

kulit pohon. Rhizoid berbentuk menyerupai benang digunakan untuk menancapkan diri pada substrat .

a. *Gametofit pada Lumut Daun*

Gametofit pada lumut daun terdiri atas tiga fase menyerupai benang yang disebut protonema, kuncup yang menempel pada protonema serta gametofit dewasa berupa tumbuhan kecil tegak di atas tanah dengan daun yang tersusun spiral mengelilingi batang (Gambar 1.21). Protonema berkembang dari spora yang berkecambah. Spora pada lumut mula-mula bersifat dorman. Pada kondisi tersebut spora memiliki kandungan air serta laju metabolisme yang rendah. Bila spora seperti ini memperoleh air serta cahaya matahari akan membengkak serta menjadi aktif. Cadangan makanan berupa pati akan dirombak diikuti sintesis klorofil yang kemudian mengawali proses fotosintesis. Filamen yang muncul dari spora yang membengkak kemudian berkembang membentuk benang yang bercabang-cabang disebut protonema. Protonema yang tumbuh membentuk cabang-cabang makin banyak pada permukaan tanah lembab ini dapat diamati dengan mata telanjang.



Gambar 1.21  
Gametofit *Polytricum*, suatu lumut daun

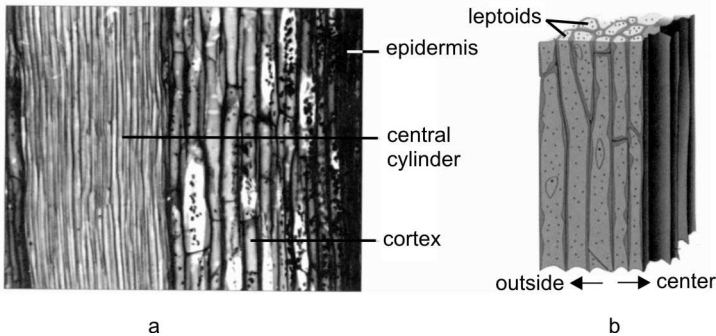
Setelah beberapa minggu sel-sel protonema tertentu mulai membelah membentuk masa sel berukuran kecil disebut kuncup. Salah satu dari sel-sel kuncup ini akan berkembang menjadi ujung batang (caulid) serta berperan dalam pengendalian arah pembelahan selanjutnya, hingga membentuk caulid yang dikelilingi phyllid. Setiap kuncup akan berkembang membentuk tumbuhan gametofit dewasa. Rhizoid yang merupakan deretan sel-sel tak

berwarna muncul pada pangkal kuncup serta tumbuh ke arah bawah menancapkan gametofit pada substrat tempat tumbuhnya. Pembentukan kuncup-kuncup ini dikendalikan oleh zat pengatur tumbuh, terutama sitokinin dan auksin.

*b. Jaringan yang berperan dalam transportasi*

Pada saat gametofit berdaun tumbuh, sel-sel caulid mengalami deferensiasi membentuk jaringan-jaringan yang khusus. Lumut yang paling sederhana memiliki selapis sel, berupa sel-sel berdinding tebal disebut stereid yang mengelilingi jaringan menyerupai parenkima. Pada beberapa spesies terdapat kutikula tipis yang melapisi sel-sel epidermis, pada kelompok ini dijumpai stoma. Ada juga spesies-spesies yang tidak memiliki kutikula, pada lumut yang demikian tidak dijumpai stomata.

Beberapa lumut daun memiliki struktur caulid yang lebih kompleks dengan berkas sentral berisi jaringan penyalur. Salah satu jaringan penyalur adalah hidroid, yang tersusun atas sel-sel mati berbentuk memanjang dengan dinding tipis yang berfungsi menyalurkan air (Gambar 1.22a). Ujung-ujung sel miring dari sel-sel tersebut kadang-kadang sangat tipis memiliki lubang-lubang (pori). Percobaan menggunakan larutan yang diwarnai menunjukkan peranan jaringan ini dalam transportasi air. Pada salah satu genus lumut daun yang maju ditemukan hidroid yang berlanjut dari caulid ke tulang tengah phyllid menyerupai sistem vaskular pada tumbuhan tinggi. Hidroid menunjukkan kemiripan dengan trakeid namun tidak memiliki sistem noktah serta penebalan lignin pada dindingnya. Beberapa lumut daun juga memiliki sel-sel yang menyerupai sel tapis pada tumbuhan vaskular, di daerah sekitar hidroid. Sel-sel dengan ujung miring tersebut dikenal dengan leptoid (Gambar 1.22b). Berbeda dengan hidroid, leptoid berupa sel hidup namun nukleusnya mengalami degenerasi. Pada ujung-ujung sel dijumpai plasmodesmata, kadang-kadang juga terdapat kalosa. Di dekat leptoid terdapat sel parenkima yang diduga berfungsi sebagai sel pengiring (*companion cell*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada jaringan ini larutan gula dapat tersalur dengan kecepatan 300 m/jam.

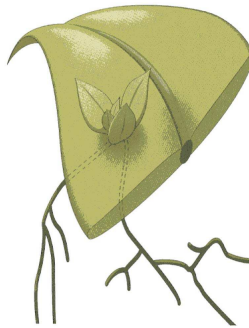


Gambar 1.22  
Jaringan penyalur pada lumut daun  
a. hidroid                      b. leptoid

c. *Reproduksi pada Lumut daun*

Lumut daun dapat berkembang biak secara aseksual maupun seksual. Perkembang-biakan aseksual terjadi melalui beberapa cara:

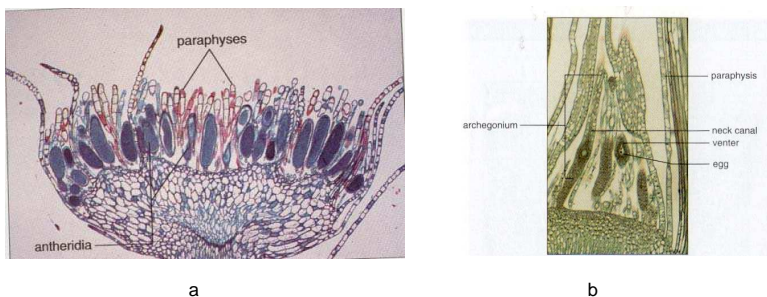
- 1) Protonema membentuk kuncup-kuncup baru yang menyebar ke segala arah. Dalam hal ini protonema dapat dianalogkan dengan stolon atau rhizom yang menjalar kemudian membentuk individu-individu baru.
  - a) Potongan phillid yang jatuh di tempat yang sesuai dapat membentuk protonema yang lebih lanjut akan menjadi kuncup serta berkembang menjadi tanaman baru (Gambar 1.23)
  - b) Rhizoid kadang-kadang mampu menghasilkan kuncup.
  - c) Struktur menyerupai lensa yang disebut gemma kadang-kadang dihasilkan pada rhizoid, pada ujung atau permukaan phillid atau pada struktur khusus seperti tangkai atau bahkan struktur menyerupai cawan seperti pada lumut hati. Fungsi gemma sama seperti pada lumut hati, bila terlepas dari tanaman induk tersebar ke tempat yang sesuai akan berkembang membentuk gametofit.



Gambar 1.23  
Kuncup yang berkembang dari potongan phillid

Reproduksi seksual pada lumut daun melibatkan peranan gametofit jantan dan gametofit betina. Gametofit dewasa membentuk gametangia pada ujung caulid. Beberapa spesies lumut berumah dua. Tumbuhan penghasil anteridium berbeda dengan penghasil arkegonium berwarna hijau. Namun diantara lumut daun dijumpai pula tumbuhan berumah satu di mana anteridium dan arkegonium dihasilkan oleh individu yang sama.

Anteridia berbentuk memanjang, dengan selubung luar yang tersusun oleh sel-sel steril mengandung kloroplas yang kemudian akan berubah menjadi jingga kemerahan saat sperma matang. Anteridia dilindungi oleh rambut-rambut multiseluler yang disebut paraphyses (Gambar 1.25a). Kelompok anteridia muncul pada bagian ujung caulid tertentu, atau kadang-kadang pada caulid yang juga mendukung arkegonia.



Gambar 1.25  
Gametangium lumut yang di sayat membujur  
a. Anteridiofor      b. arkegoniofor

Arkegonium memiliki struktur seperti botol, pada bagian dasar yang menebal mengandung satu telur (Gambar 1.25b). Arkhegonia mempunyai tangkai yang panjang. Pada saat arkhegonia masak bagian leher membuka membentuk semacam saluran Sperma yang memiliki dua flagela berenang menuju sel telur masak. Kehadiran sperma dirangsang oleh kandungan lemak dan sukrosa yang dihasilkan oleh sel telur. Setelah sperma bertemu dengan sel telur terjadi fertilisasi yang menghasilkan zigot yang bersifat diploid.

## 2) Sporofit

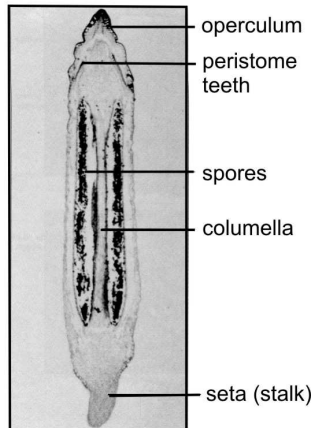
Generasi sporofit dalam siklus hidup lumut dimulai sejak terbentuknya zigot hasil fertilisasi. Zigot ini kemudian berkembang membentuk embrio dalam arkhegonium. Tahap ini terjadi bersamaan dengan pembelahan sel-sel pada bagian dasar arkhegonium yang bertujuan untuk menyediakan tempat bagi perkembangan sporofit muda tersebut. Sel-sel pada bagian atas arkhegonium juga melakukan pembelahan membentuk selubung pelindung yang disebut kaliptra.

Embrio selanjutnya mengalami perkembangan membentuk sporofit dewasa yang terdiri atas bagian kaki, seta serta kapsul. Bagian kaki merupakan jaringan yang menembus dasar arkhegonium sehingga menghubungkan sporofit dengan batang pada jaringan gametofit. Bagian ini berfungsi untuk menyerap air, mineral serta nutrisi lain dari gametofit. Seta merupakan tangkai berukuran kecil yang muncul dari gametofit serta mendukung sporangium yang disebut kapsul. Kapsul serta bagian-bagiannya dapat diamati pada Gambar 1.26.

Kapsul merupakan suatu sporangium yang telah mulai berkembang semenjak masih berada dalam jaringan pelindung kaliptra. Kapsul pada sporofit masak pada umumnya berukuran antara 1 – 3 mm dengan diameter 2 – 16 mm. Tinggi sporofit termasuk setanya sekitar 10 mm. Lapisan sel terluar dari kapsul membentuk selubung pelindung yang tersusun oleh sel-sel steril, sementara sel-sel pada bagian paling dalam memanjang membentuk jaringan steril yang disebut kolumela. Sel-sel sporogen dibentuk diantara selubung kapsul dan kolumela. Sel-sel ini kemudian mengalami meiosis menghasilkan spora haploid yang berjumlah sekitar 50 juta buah. Pada saat spora masak kaliptra gugur sebagai kapsul menampakkan operkulum yang merupakan bagian tutup dari kapsul. Pengerutan yang

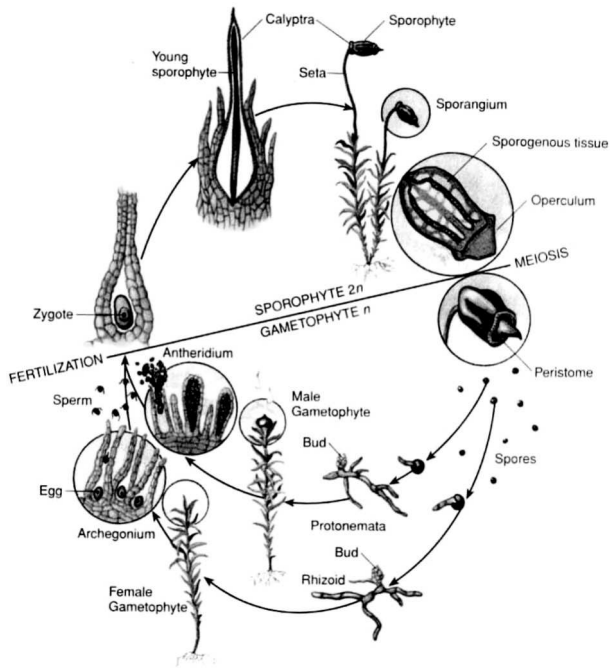


terjadi sebagai akibat pengeringan menyebabkan bagian operculum membentuk ruas-ruas menyerupai gigi yang disebut peristom.



Gambar 1.26  
Sporofit pada lumut daun

Gigi peristom. sangat sensitif terhadap perubahan kelembaban lingkungan. Pada saat kelembaban udara rendah gigi peristom. mengerut sehingga spora terlepas dan tersebar dengan bantuan angin. Spora yang jatuh pada tempat yang sesuai akan berkecambah membentuk protonema. Spora yang bersifat haploid merupakan awal dari fase gametofit. Dalam kehidupan lumut terjadi pergiliran keturunan dari fase gametofit dan fase sporofit. Gambar 1.27 menjelaskan tahap-tahap perkembangan dalam siklus hidup lumut daun.



Gambar 1.27  
Siklus hidup lumut daun



## LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Pada umumnya lumut memiliki perawakan tubuh yang kecil, sangat jarang yang berukuran lebih dari 50 cm. Coba jelaskan mengapa demikian.
- 2) Mengapa tumbuhan lumut banyak kita jumpai ditempat-tempat yang basah. Berikan penjelasan Anda!
- 3) Pada tumbuhan lumut terdapat pergiliran keturunan antara generasi sporofit dan gametofit. Manakah diantara ke dua generasi tersebut yang lebih dominan, jelaskan.

- 4) Bagaimanakah struktur tubuh lumut hati?. Coba jelaskan pula tentang cara reproduksinya.
- 5) Ditinjau dari struktur jaringan penyusunnya, kelompok manakah yang lebih maju lumut hati ataukah lumut daun?

*Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Bagaimanakah sistem transpor pada lumut, apakah sudah dijumpai pembuluh? Lalu dengan mekanisme apakah air mencapai bagian tubuh tumbuhan yang lebih tinggi? Coba kaitkan masalah ini dengan kemampuan serta laju transportasi dengan arah yang berlawanan dengan gravitasi bumi.
- 2) Coba pelajari tentang cara reproduksi seksual tumbuhan lumut, apakah ada kaitannya dengan keberadaan air? Anda pasti dapat menjelaskan masalah ini dengan mudah.
- 3) Anda akan mudah memahami masalah ini, bila Anda perhatikan struktur tubuh lumut daun. Amatilah, bagian yang merupakan gametofit serta bagian sporofitnya. Bagian manakah yang mampu menyediakan makanan dan air secara mandiri? Anda pasti tidak akan ragu menjawabnya.
- 4) Coba perhatikan susunan jaringan penyusun lembaran talus pada lumut hati, pahami pula fungsi masing-masing. Untuk memahami cara reproduksi pada tumbuhan ini pelajari kembali perkembangbiakan seksual dan aseksualnya.
- 5) Coba bandingkan struktur jaringan penyusun kedua kelompok lumut ini. Kelompok manakah yang tingkat deferensiasinya lebih maju?



**RANGKUMAN**

Tumbuhan lumut merupakan tumbuhan yang paling awal beradaptasi dengan lingkungan darat. Lumut pada umumnya memiliki perawakan yang kecil serta tumbuh di tempat-tempat lembab. Tumbuhan lumut dapat dikelompokkan dalam lumut hati dan lumut daun. Lumut hati berbentuk lembaran pipih hidup menempel pada permukaan tanah atau batuan, sedangkan lumut daun menyerupai tumbuhan berbiji, berdiri tegak pada permukaan tempat hidupnya. Tubuh

lumut daun tersusun oleh bagian-bagian yang menyerupai akar, batang dan daun.

Pada tumbuhan lumut dikenal pergiliran keturunan antara generasi sporofit dan gametofit. Fase gametofit pada lumut mampu hidup mandiri dan berumur panjang, sedangkan fase sporofit menumpang pada gametofit. Lumut berkembang biak secara seksual serta aseksual. Perkembangbiakan secara seksual memerlukan bantuan air.

Struktur jaringan pada tumbuhan lumut masih tergolong sederhana, sebagian besar berupa parenkim, serta belum memiliki jaringan pembuluh. Meskipun demikian, pada kelompok yang lebih maju telah dijumpai sel-sel khusus yang berperan dalam penyaluran, yaitu hidroid dan leptoid.



## TES FORMATIF 2

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Gamet jantan pada lumut ....
  - A. secara morfologi tidak dapat dibedakan dari gamet betina
  - B. setiap gametangium menghasilkan satu gamet
  - C. dibentuk di dalam arkegonium
  - D. perlu bantuan air untuk menuju gamet betina
- 2) Berikut ini ciri talus pada *Marchantia kecuai* ....
  - A. berupa lembaran
  - B. pada permukaan bawah terdapat rhizoid
  - C. bercabang-cabang bentuk menggarpu
  - D. dapat dibedakan bagian caulid dan philoid
- 3) Sporofit pada lumut ....
  - A. merupakan generasi yang dominan
  - B. berkembang di dalam anteridium
  - C. hasil perkembangan spora melalui pembelahan mitosis
  - D. tidak diselubungi oleh jaringan steril
- 4) Jaringan steril berbentuk pita pada sporangium yang berfungsi membantu penyebaran spora ....
  - A. seta
  - B. kaki
  - C. kolumela
  - D. elater

- 5) Sel-sel hydroid ....
- A. terdapat pada lumut hati
  - B. menyalurkan hasil-hasil fotosintesis
  - C. berupa seperti xilem
  - D. menyalurkan air dan hara tanah
- 6) Struktur jaringan pada talus lumut hati ....
- A. struktur rhizoid sama seperti akar
  - B. stoma terdapat pada permukaan atas dan bawah talus
  - C. stoma dapat membuka dan menutup
  - D. sebagian besar berupa parenkima
- 7) Struktur yang menancapkan sporofit pada gametangium lumut ....
- A. Kaki
  - B. Peristom
  - C. Seta
  - D. Kapsul
- 8) Bagian dari arkegonium yang tetap bertahan untuk melindungi sporofit muda ....
- A. Sisik
  - B. Rizoid
  - C. Calyptra
  - D. Peristom

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

**KEGIATAN BELAJAR 3**

## Struktur dan Perkembangan Tumbuhan Paku

Saat kita berada di daerah pegunungan, kita sering menemukan bahwa ada jenis-jenis tumbuhan yang berbeda dengan yang biasa dijumpai di lingkungan kita sehari-hari. Tumbuhan yang seakan-akan berasosiasi dengan kelembaban serta udara sejuk banyak kita jumpai diterangi di tepian sungai dan bahkan menempel di pepohonan. Kelompok tumbuhan ini pada umumnya berukuran relatif kecil dibandingkan dengan tumbuhan berbiji. Biasanya kita dapat mengenali tumbuhan ini dari daun mudanya yang menggulung pada bagian ujung. Bila kita perhatikan dengan cermat sebenarnya tumbuhan ini juga dapat kita temukan di daerah perkotaan. Tumbuhan yang dikenal dengan paku ini sering ditanam sebagai tanaman hias. Tentu saja tanaman tersebut ditempatkan di lokasi yang cukup lembab seperti di sekitar sumur atau kamar mandi.

Tumbuhan paku sebenarnya telah cukup lama dikenal serta dimanfaatkan manusia. Selain digunakan sebagai tanaman hias, paku juga termasuk bahan pangan serta obat-obatan. Di beberapa daerah kita kenal gulai paku, suatu masakan dari daun muda tumbuhan ini. Paku yang digunakan untuk masakan tersebut biasanya diperoleh di hutan. Selain itu salah satu dari paku air juga sering dikonsumsi sebagai sayuran di beberapa negara Asia. Masyarakat tradisional di beberapa negara telah lama memanfaatkan bagian rhizom, yaitu batang yang menjalar di dalam tanah sebagai bahan makanan. Penduduk asli Amerika biasa memanggang bagian rhizom tersebut kemudian mengupas sebelum memakannya. Pemanfaatan paku sebagai obat tradisional telah dikenal luas di beberapa negara Asia, Eropa maupun Amerika. Luka akibat gigitan serangga serta luka bakar, penyakit kulit, seperti eksim serta beberapa penyakit infeksi antara lain diare dan disentri telah banyak diobati dengan tumbuhan ini. Penduduk asli Amerika memanfaatkan jenis paku tertentu untuk obat batuk serta pemberi aroma makanan. Selain itu ada pula jenis paku yang dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan insektisida.

Paku yang berukuran cukup besar banyak digunakan dalam industri kerajinan. Bagian kayu dari paku pohon yang memiliki struktur indah banyak dipakai dalam kerajinan. Selain itu dikenal pula beberapa jenis paku yang dianyam untuk pembuatan keranjang.

## A. GAMBARAN UMUM TUMBUHAN PAKU

Seperti telah diceritakan terdahulu perawakan tumbuhan paku relatif lebih kecil dari pada tumbuhan berbiji yang meliputi *Gymnospermae* serta *Angiospermae*. Kecuali paku pohon yang banyak dijumpai di pegunungan, ukuran tubuh paku pada umumnya tidak lebih dari 2 m. Bila dibandingkan dengan lumut perawakan paku relatif lebih besar serta tinggi. Hal ini berkaitan dengan perkembangan sistem pembuluh pada kelompok tumbuhan ini. Pembuluh vaskular yang berkembang baik memungkinkan transpor air dan hara ke tempat yang lebih tinggi. Hal ini didukung pula dengan kandungan zat kayu yang disebut lignin yang dapat memperkokoh tumbuhan untuk berdiri tegak.

Ada beberapa karakter tumbuhan paku yang serupa dengan lumut antara lain ketergantungan tumbuhan tersebut terhadap air. Seperti pada lumut, sperma pada paku memiliki flagela. Flagela tersebut dimanfaatkan untuk berenang dalam upaya untuk mencapai sel telur. Hal ini mengakibatkan ketergantungan terhadap air dalam proses reproduksi seksual. Tumbuhan paku juga mengalami pergiliran keturunan, yaitu pergantian dari generasi sporofit yang diploid dengan generasi gametofit yang bersifat haploid. Pada tumbuhan paku generasi sporofit bersifat dominan, ditandai dengan ukuran yang besar, masa hidup yang lebih panjang serta kemandiriannya. Hal ini berbeda dengan pada lumut, dimana sporofit secara nutrisi bergantung kepada gametofit. Gametofit pada paku berukuran kecil banyak diantaranya bersifat mikroskopis. Selain itu gametofit juga berumur pendek.

Sebagaimana dengan lumut, tumbuhan paku juga menunjukkan adaptasi terhadap lingkungan daratan. Tumbuhan ini menunjukkan tingkat adaptasi yang lebih maju dari pada lumut, sehingga mampu hidup pada lingkungan yang lebih kering dari pada habitat lumut. Selain perkembangan struktur, tingkat perkembangan yang maju juga dapat dilihat pada jaringan penutup. Bila pada lumut beberapa kelompok memiliki kutikula tipis, bahkan ada yang tidak berkutikula, pada paku dijumpai kutikula cukup tebal pada semua anggotanya. Keberadaan kutikula tentu saja mendukung adaptasi pada lingkungan yang lebih kering karena peranannya dalam penghematan air. Namun di sisi lain, hal tersebut menghalangi pertukaran gas yang diperlukan dalam proses fotosintesis serta respirasi. Oleh sebab itu, adanya kutikula diimbangi dengan keberadaan stoma. Berbeda dengan stoma pada lumut,



struktur stoma pada paku lebih berkembang sehingga memungkinkan mekanisme membuka dan menutup sesuai dengan kepentingan tumbuhan.

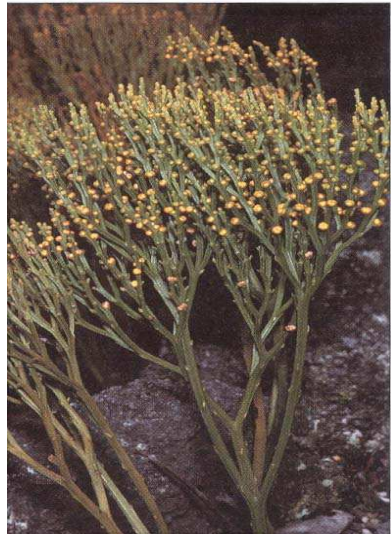
## B. STRUKTUR TUBUH TUMBUHAN PAKU

Tumbuhan paku merupakan tumbuhan berpembuluh yang tidak membentuk biji. Secara morfologi kelompok ini sangat beragam. Kelompok yang dianggap lebih primitif tidak memiliki akar serta daun. Sporofit hanya terdiri atas batang bercabang-cabang yang mendukung sporangium (lihat Gambar 1.28). Pada tumbuhan ini sporangium bergabung membentuk struktur yang disebut sinangium. Setiap sinangium terdiri atas 3 sporangium.

Pada tumbuhan ini penyerapan air dan unsur hara dilakukan oleh rizoid yang muncul dari permukaan rhizom. Rhizom adalah bagian batang yang menjalar pada permukaan tanah.

*Psilotum* merupakan satu-satunya anggota kelompok tumbuhan vaskular paling primitif yang masih hidup. Pada tumbuhan ini fotosintesis dilakukan oleh kulit batang yang berwarna hijau.

Kelompok yang lebih maju telah memiliki akar sejati serta daun-daun kecil yang dikenal sebagai mikrofil. Mikrofil biasanya tersusun secara spiral pada batang. Anggota yang cukup dikenal dari kelompok ini adalah *Sellaginella* dan *Lycopodium* (Gambar 1.29). Pada kelompok ini mikrofil kadang-kadang dapat dibedakan dengan sporofil, yakni suatu daun yang mendukung sporangium. Sporofil biasanya berbeda dengan mikrofil dalam hal bentuk, ukuran, warna, serta posisinya pada batang. Sporofil yang mengelompok pada ujung batang membentuk strobilus.



Gambar 1.28  
Sporofit *Psilotum*



(A)



(B)

Gambar 1.29  
Selaginella (A) dan Lycopodium (B), anggota Lycophyta

Paku ekor kuda (*Equisetum*) merupakan satu-satunya genus yang masih ada dari kelompok Sphenophyta. Morfologi paku ini sangat khas, sehingga mudah dikenali. Ciri khas dari paku ekor kuda adalah batangnya yang beruas-ruas, dengan buku-buku yang sangat jelas. Pada buku-buku tersebut muncul mikrofil berukuran sangat kecil menyerupai sisik. Mikrofil muda mula-mula berwarna hijau, namun kemudian akan kehilangan warnanya. Sisik-sisik kecil ini bergabung melingkari batang pada bagian buku-buku. Tugas fotosintesis selanjutnya diambil alih oleh batang yang senantiasa berwarna hijau. Pada paku ini sporangium tersusun membentuk strobilus pada ujung batang. Saat ini dijumpai 2 tipe *Equisetum* yaitu yang bercabang-cabang menyerupai ekor kuda dan yang tidak bercabang (lihat Gambar 1.30).



(a)

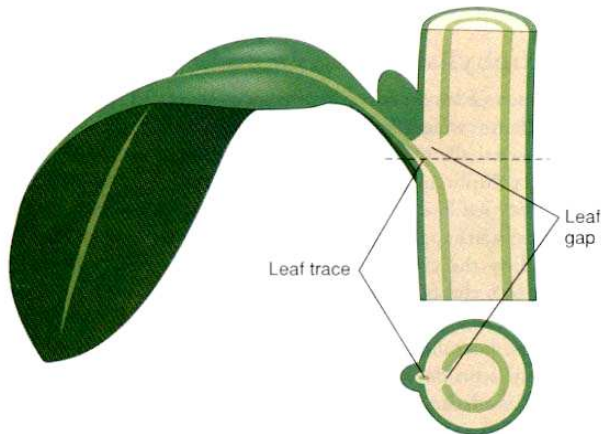


(b)

Gambar 1.30  
Paku *Equisetum* yang bercabang (a) dan tak bercabang (b)

Tinggi paku ini umumnya kurang dari 2 m, namun ada jenis tertentu yang dapat mencapai sekitar 5 m. Batang paku ini dapat dibedakan menjadi 2, yaitu batang tegak yang menjulang ke atas permukaan tanah dan batang menjalar di permukaan tanah, yang dikenal dengan rhizom. Strobilus muncul pada ujung batang yang tegak.

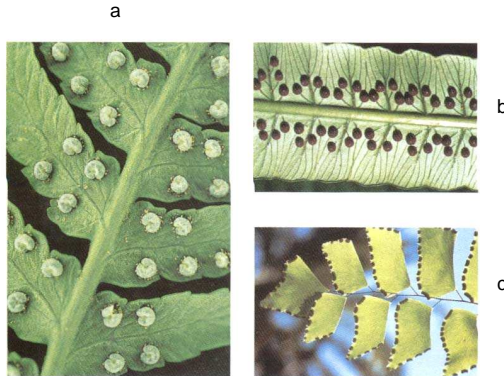
Pada kedua kelompok paku yang dikemukakan di atas, hanya dijumpai daun-daun kecil yang disebut mikrofil. Bila kita amati tumbuhan paku yang ada di sekitar kita, pada umumnya terdapat daun berukuran lebar, yang memiliki pertulangan bercabang-cabang. Daun yang demikian dikenal sebagai megafil. Bila diperhatikan lebih jauh, pada batang tempat melekatnya megafil dijumpai rumpang daun, yaitu bagian silinder vaskuler yang tidak mengandung jaringan pembuluh, akibat ditinggalkan berkas vaskulernya menuju ke daun (Gambar 1.31). Rumpang daun ini tidak dijumpai pada batang tempat menempelnya mikrofil.



Gambar 1.31  
Rumpang daun yang tampak pada potongan membujur (a) dan potongan melintang (b) batang paku.

Paku yang memiliki megafil ini dikelompokkan dalam divisi Paku Sejati (Pterophyta). Daun pada paku ini umumnya memiliki kemampuan untuk tumbuh memanjang dalam waktu yang cukup lama. Hal ini disebabkan oleh jaringan meristem yang terdapat pada ujung daun. Bila kita perhatikan, daun-daun muda dari paku sejati ini memiliki bagian yang menggulung pada ujungnya. Pada bagian itulah terdapat jaringan meristem yang berperan

dalam pemanjangan daun. Pada permukaan bawah daun terdapat butiran-butiran berwarna kuning, coklat atau kehitaman. Struktur tersebut merupakan kumpulan sorus. Pada beberapa jenis paku sorus dilindungi oleh lapisan tipis yang disebut indusium. Bentuk dan ukuran sorus bervariasi di antara jenis-jenis paku sejati. Pada umumnya sorus berderet pada tepian daun atau sepanjang tulang tengah daun (lihat Gambar 1.32).

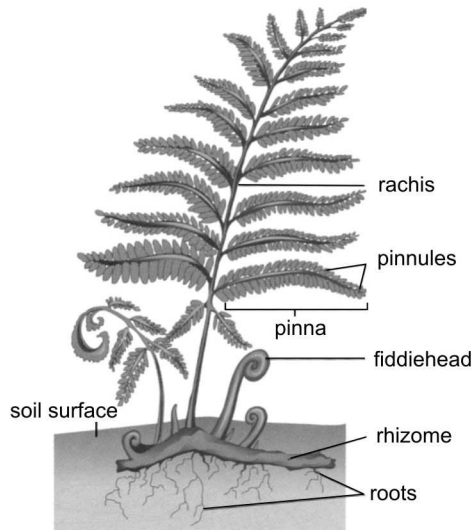


Gambar 1.32 Berbagai bentuk dan posisi sorus pada daun paku:

- a. *Dryopteris marginalis*: sorus dalam indusium
- b. *Alsophila sinuata*: sorus tanpa indusium
- c. *Adiantum trapeziforme*: sorus dilindungi lipatan dari tepi daun

Adanya jaringan meristem pada ujung daun serta sorus pada permukaan bawahnya membedakan megafil dengan daun pada tumbuhan berbiji. Dengan alasan tersebut para ahli membedakan daun paku yang selanjutnya disebut ental (frond) dengan daun tumbuhan berbiji yang disebut dengan daun.

Paku sejati merupakan kelompok tumbuhan paku yang memiliki jumlah anggota terbanyak. Sebagian besar paku sejati tidak memiliki batang di atas tanah. Bagian yang muncul di atas permukaan tanah hanya berupa kumpulan frond, sedangkan batang terdapat di dalam tanah, berupa rhizom. Akar dan ‘daun-daun’ muncul pada buku-buku sepanjang rhizoma (lihat Gambar 1.33).



Gambar 1.33  
Morfologi paku sejati.

Ukuran tumbuhan bervariasi dari paku air yang berukuran yang paling kecil, berkisar antara 1 – 2 cm, sampai lebih dari 20 m pada paku pohon (Gambar 1.34).



Gambar 1.34  
Paku pohon; paku sejati berukuran paling besar

## 1. Struktur Organ pada Tumbuhan Paku

Akar dan batang tumbuhan paku memiliki fungsi yang sama dengan organ-organ tersebut pada tumbuhan berbiji. Jaringan vaskuler pada organ-organ tersebut telah berkembang dengan baik. Selain fungsi utama sebagai penyalur jaringan tersebut juga berperan sebagai penyokong yang memungkinkan tumbuhan ini berdiri tegak.

Batang paku memiliki struktur yang cukup kompleks. Jaringan paling luar yang merupakan jaringan pelindung adalah epidermis berkutikula, diantara sel-sel epidermis dijumpai stomata. Lapisan sebelah dalam berupa korteks yang tersusun oleh jaringan parenkima berkloroplas yang berfungsi untuk fotosintesis. Pada *Psilotum* serta paku ekor kuda (*Equisetum*) parenkima pada korteks batang inilah yang bertanggung jawab dalam seluruh aktivitas fotosintesisnya. Jaringan-jaringan di sebelah dalam korteks merupakan struktur vaskuler yang diselubungi oleh endodermis. Pada sel-sel endodermis terdapat penebalan berupa pita Caspary. Struktur vaskular yang terdapat pada pusat batang sama seperti pada akar, terdiri dari xilem primer yang dikelilingi oleh floem primer. Di antara kelompok-kelompok paku terdapat variasi dalam hal keberadaan empulur, struktur pengelompokan xilem primer serta keberadaan rumpang daun.

Pada kelompok yang paling primitif, silinder pusat (stele) tersusun oleh xilem pejal tanpa empulur yang dikelilingi floem. Dalam potongan melintang xilem tampak berbentuk bintang. Tipe stele seperti ini disebut protostele, dijumpai pada kelompok Psilophyta dan Lycophyta.

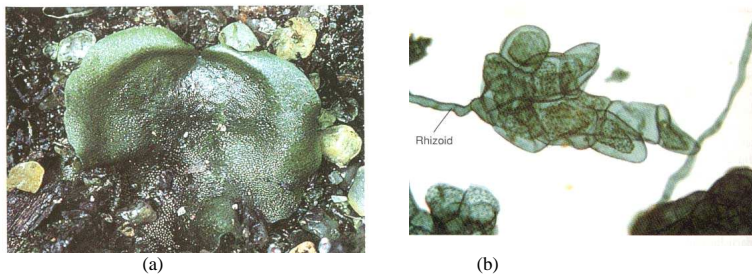
Selain struktur stele yang sederhana seperti protostele tersebut di atas, pada paku-pakuan dikenal pula struktur stele yang lebih kompleks. Pada tipe-tipe stele yang lebih maju ini diantara jaringan vaskular terdapat empulur. Pada sebagian besar paku sejati, stele berupa silinder pembuluh yang mengelilingi empulur, tipe ini dikenal dengan Siphonostele.

Pada kelompok paku yang lebih maju, yaitu yang memiliki megafil, konfigurasi pembuluh dipengaruhi oleh berkas-berkas pembuluh yang menuju megafil yang disebut runutan daun. Sebagai akibat adanya berkas pembuluh yang menuju daun, pada bagian batang terdapat kekosongan berkas pembuluh, yang kemudian diisi dengan jaringan parenkima. Bagian tersebut kemudian dikenal dengan rumpang daun. Adanya rumpang-rumpang daun ini menyebabkan silinder pembuluh tampak terpecah-pecah. Struktur silinder pembuluh demikian disebut dictyostele .



Tipe silinder pembuluh yang lebih kompleks adalah eustele. Pada tipe ini dijumpai berkas-berkas vaskuler yang tersusun melingkar mengelilingi empulur. Pada potongan melintang, berkas-berkas pembuluh tampak terpisah-pisah. Diantara tumbuhan paku tipe ini dijumpai pada *Equisetum* dan sebagian paku sejati. Pada *Equisetum* batang berongga kecuali pada bagian buku-bukunya, selain itu di antara pembuluh juga dijumpai saluran-saluran udara.

Pada tumbuhan paku terjadi pergiliran generasi, antara gametofit dan generasi sporofit. Berbeda dengan tumbuhan lumut, pada paku gametofit berukuran kecil. Gametofit merupakan hasil perkecambahan dari spora yang bersifat haploid. Bentuk gametofit bervariasi, pada lumut sejati menyerupai talus, tipis berbentuk seperti jantung (Gambar 1.35a) pada *Equisetum* bercabang-cabang (Gambar 1.35b).



Gambar 1.35.  
Gametofit pada paku sejati (a) dan *Equisetum* (b)

Gametofit pada ada yang bersifat uniseksual, yakni menghasilkan anteridium atau arkegonium, sebaliknya ada pula yang bersifat bisexual, artinya gametofit menghasilkan anteridium serta arkegonium. Pada paku heterospor seperti *Sellaginella* gametofit bersifat uniseksual, sehingga terdapat gametofit jantan yang menghasilkan anteridium serta gametofit betina penghasil arkegonium. Pada paku homospor hanya dijumpai satu macam gametofit penghasil anteridium serta arkegonium. Yang termasuk paku homospor antara lain kelompok paku sejati (*Pterophyta*), Psilophyta, Equisetophyta (paku ekor kuda) dan Lycopodium.

## 2. Sporofit

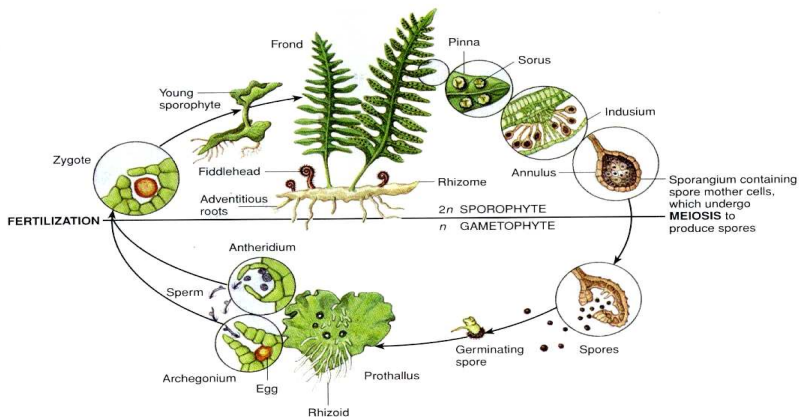
Sporofit merupakan tumbuhan penghasil spora, yakni tumbuhan paku yang kita kenal sehari-hari, secara umum sporofit dapat dibedakan menjadi

bagian-bagian akar, batang serta daun. Spora dibentuk dalam suatu struktur sporangium. Struktur dan posisi sporangium pada tumbuhan paku berbeda-beda. Pada paku purba (*Psilotum*) tiga sporangium bergabung membentuk struktur yang disebut synangium. Sinangium tersebut menempel pada tepian cabang-cabang. Pada *Selaginella* dan Lycophyta lainnya, sporangium tunggal terdapat pada permukaan atas daun. Daun-daun yang mengandung sporangium merupakan daun fertil yang disebut sporofit. Sporofit berkelompok pada ujung batang membentuk strobilus, sedangkan pada paku sejati (Pterophyta) sporangium berkumpul dalam sorus yang terdapat pada permukaan bawah daun. Kumpulan sorus yang disebut sori pada beberapa paku dilindungi lapisan tipis yang disebut indosium, ada pula yang diselubungi tepian daun yang melipat atau bahkan tidak memiliki pelindung sama sekali.

Paku sejati pada umumnya bersifat homospor. Pada paku demikian sporangium menghasilkan satu macam spora. Pada umumnya spora berkecambah membentuk filamen pendek yang selanjutnya berkembang menjadi gametofit berbentuk jantung berukuran antara 1 – 2 cm, struktur ini dikenal sebagai protalus. Pada permukaan bawah protalus terdapat rizoid yang berfungsi untuk menancapkan tumbuhan ke dalam tanah. Anteridia serta arkegonia muncul pada permukaan bawah protalus; pada umumnya anteridium berukuran lebih kecil. Sperma dihasilkan oleh anteridium menuju sel telur dalam arkegonia dengan cara berenang menggunakan flagelanya. Oleh sebab itu proses fertilisasi memerlukan adanya air disekitarnya. Adanya air juga mengakibatkan bagian leher arkegonium membuka sehingga sperma dapat melaluinya.

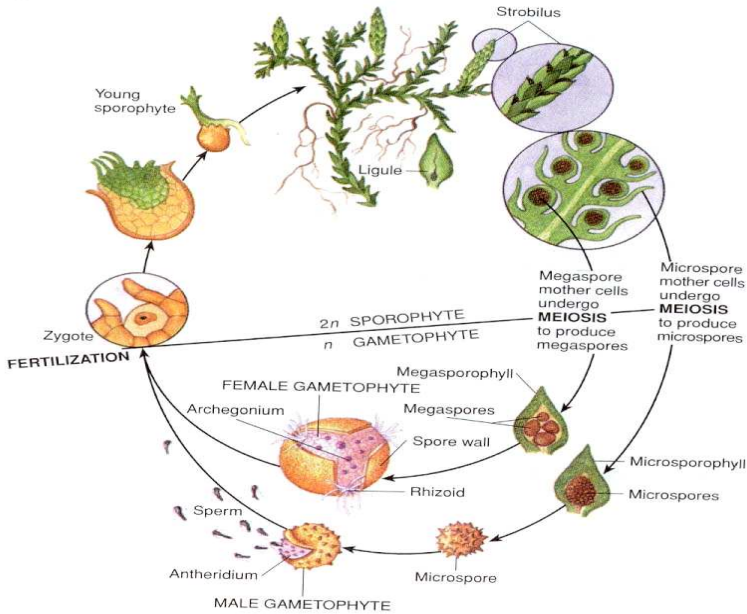
Hasil dari proses fertilisasi adalah zigot yang kemudian berkembang menjadi embrio. Meskipun mula-mula terbentuk banyak zigot, pada akhirnya dalam setiap gametofit hanya ada 1 – 2 embrio yang berkembang. Embrio selanjutnya berkembang menjadi sporofit muda yang ukurannya lebih besar dari pada gametofit tempat tumbuhnya. Dalam keadaan demikian sporofit tidak lagi bergantung pada gametofit, sebab daun serta akar yang dimiliki mampu mendukung proses fotosintesis. Seiring bertambahnya umur sporofit, ukurannya menjadi semakin besar. Selain itu pada daun-daunnya mulai dibentuk sporangium yang akan menghasilkan spora melalui pembelahan meiosis. Siklus hidup paku sejati dapat dipelajari pada Gambar 1.36.





Gambar 1.36  
Siklus hidup paku sejati: paku homospor

Pada paku heterospor seperti *Selaginella*, dibentuk dua jenis sporangium, yaitu mikrosporangium dan megasporangium yang masing-masing terdapat pada mikrosporofil dan megasporafil yang tersusun dalam satu strobilus. Megasporangium berisi megasporosit yang mengalami pembelahan meiosis menghasilkan megaspor haploid. Megaspor mengalami pembelahan membentuk megagametofit, suatu gametofit betina sewaktu masih berada di dalam dinding spora. Gametofit betina selanjutnya membentuk arkegonium yang akan menghasilkan sel telur. Sama seperti pada megaspor, gametofit jantan juga telah berkembang sewaktu masih berada dalam dinding spora. Antheridium yang terbentuk selanjutnya menghasilkan sperma berflagela kemudian berenang menuju sel telur dalam arkegonium. Setelah proses fertilisasi diperoleh zigot yang kemudian berkembang membentuk embrio di dalam jaringan arkegonium. Embrio kemudian membentuk struktur seperti kaki, dan akar embrionik, batang serta daun. Ini adalah awal generasi sporofit yang bersifat diploid, sporofit yang tumbuh dewasa merupakan tumbuhan paku yang kita kenal sehari-hari. Siklus hidup paku heterospor dapat dilihat pada Gambar 1.37.



Gambar 1.37  
Siklus hidup *Selaginella*: paku heterospor.



## LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Bila dibandingkan dengan lumut, tumbuhan paku dapat beradaptasi lebih baik terhadap lingkungan darat. Mengapa demikian?
- 2) Apakah tumbuhan paku telah memiliki akar, batang dan daun? Bandingkan dengan caulid dan philoid pada lumut daun.
- 3) Dalam siklus hidup tumbuhan paku fase manakah yang lebih dominan, fase sporofit ataukah gametofit? Jelaskan jawaban Anda.
- 4) Bagaimanakah perbedaan antara paku homospor dengan paku heterospor, berikan penjelasan.
- 5) Apakah paku suplir (*Adiantum*) yang banyak dibudidayakan sebagai tanaman hias sekelompok dengan paku ekor kuda (*Equisetum*), jelaskan jawaban Anda.

*Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Coba pelajari dengan seksama struktur morfologi serta anatomi tumbuhan paku. Sebagai contoh, bagaimanakah struktur dan fungsi akar? Bandingkan dengan rizoid pada lumut. Kaji pula organ-organ lain serta jaringan penyusunnya. Perhatikan dengan baik mengenai struktur pembuluh pada kelompok tumbuhan ini. Anda pasti dapat menemukan jawaban yang lengkap.
- 2) Untuk menjawab pertanyaan ini perhatikan dengan baik struktur jaringan penyusun organ-organ pada tumbuhan paku dan bandingkan dengan pada lumut. Anda akan memperoleh gambaran yang jelas.
- 3) Mula-mula Anda harus mengetahui dengan baik definisi fase sporofit dan fase gametofit. Untuk mengingatnya, perhatikan fungsi dari masing-masing fase tersebut. Anda akan mengenali fase yang lebih dominan dengan menemukan fase yang lebih mandiri serta bertahan hidup lebih lama.
- 4) Coba perhatikan mengenai macam spora yang dihasilkan oleh kedua tipe tersebut, selanjutnya pelajari pula tentang fase gametofit yang dihasilkan. Anda akan dapat menjawab dengan baik.
- 5) Perhatikan dengan baik struktur sporangium pada kedua tumbuhan tersebut. Apakah sporangium tersusun pada suatu struktur yang sama, ingatlah bahwa hal ini sangat penting dalam pengelompokan tumbuhan paku.

**RANGKUMAN**

Paku merupakan tumbuhan berpembuluh yang tidak berbiji. Tumbuhan ini telah memiliki akar, batang, dan daun. Pada paku primitif yang tidak berdaun, batang bercabang-cabang dan mendukung sporangium pada ujungnya.

Pada tumbuhan paku, organ-organ tersusun oleh jaringan yang telah mengalami diferensiasi. Jaringan penyalur terdiri atas pembuluh xilem dan floem. Pada batang pembuluh tersusun dalam struktur silinder pusat (*stele*) yang bervariasi.

Dalam siklus hidup tumbuhan paku, fase sporofit berukuran besar dan bersifat dominan, sedangkan fase gametofit berukuran kecil dan berumur pendek. Diantara tumbuhan paku dikenal paku homospor dan

paku heterospor yang berbeda dalam hal spora serta gametofit yang dihasilkan. Spora pada paku dibentuk dalam sporangium yang tersusun pada struktur khusus berupa sinangium, strobilus atau sorus.

**TES FORMATIF 3**

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Bagian batang tumbuhan paku yang menjalar di permukaan tanah ....
  - A. Rizoid
  - B. Rhizom
  - C. sporofil
  - D. megafil
- 2) Sporangium terdapat pada sporofil yang terkumpul pada ujung cabang ....
  - A. sinangium
  - B. sorus
  - C. sori
  - D. strobilus
- 3) Silinder pembuluh terdiri dari floem yang mengelilingi xilem yang pejal ....
  - A. protosteale
  - B. eusteale
  - C. dictyosteale
  - D. siphonosteale
- 4) Berkas pembuluh dari batang yang menuju daun ....
  - A. rumpang daun
  - B. runutan daun
  - C. empulur
  - D. korteks
- 5) Pada paku homospor dijumpai ....
  - A. megasporangium
  - B. gametofit penghasil arkegonium
  - C. megaspora
  - D. gametofit penghasil arkegonium dan anteridium

- 6) Daun penghasil spora pada paku sejati ....
- A. mikrofil
  - B. megafil
  - C. sporofil
  - D. strobilus
- 7) Selaput tipis yang melindungi kumpulan sori ....
- A. sisik
  - B. megafil
  - C. mikrofil
  - D. protalus
- 8) Paku primitif tak memiliki daun ....
- A. Equisetum
  - B. Lycophyta
  - C. Selaginella
  - D. Psilotum

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

- 1) D Pada ganggang zigot terdapat bebas tanpa dilindungi jaringan steril.
- 2) D Jawaban a, b dan c merupakan ganggang bersel satu yang hidup soliter, sedangkan Spirogyra adalah ganggang bersel banyak berbentuk benang.
- 3) D Reproduksi seksual dengan konjugasi terdapat pada Spirogyra
- 4) D Diatomae merupakan ganggang bersel satu dengan ciri-ciri sesuai dengan pilihan b, c dan e namun tidak memiliki flagela.
- 5) D Macrocystis merupakan ganggang berukuran besar berbentuk lembaran dengan struktur jaringan yang cukup kompleks.
- 6) D Pada tipe perjódohan Oogami, dijumpai gamet jantan dan gamet betina. Gamet jantan berukuran lebih kecil serta memiliki flagela, sedangkan gamet betina lebih besar tanpa flagela.
- 7) D Laminaria banyak dipanen sebagai sumber Iodin.
- 8) C Contoh pada Laminaria, Ectocarpus termasuk tipe Isomorfik.
- 9) D Generasi heteromorfik, fase sporofit berbeda bentuk dan ukurannya dari fase gametofit.
- 10) D Ulva sering juga disebut sea lettuce (selada laut).

### *Tes Formatif 2*

- 1) D Gamet jantan menggunakan flagela untuk berenang menuju gamet betina
- 2) D Talus Marchantia berbentuk lembaran, tidak terdapat deferensiasi menjadi caulid dan philid.
- 3) C Sporofit bersifat diploid membentuk spora melalui pembelahan Meiosis.
- 4) D Perubahan bentuk elater secara cepat sebagai reaksi perubahan kelembaban lingkungan membantu penyebaran spora.
- 5) D Struktur sel hidroid lebih sederhana dari xilem belum berupa pembuluh, terdapat pada lumut daun.
- 6) D Jaringan penyusun lumut hati masih sederhana, stoma yang terdapat pada permukaan atas talus selalu dalam keadaan terbuka.
- 7) A Bagian kaki tersusun oleh jaringan sporofit yang menembus gametofit.

- 8) C Calyptra merupakan pelindung sporofit muda.

*Tes Formatif 3*

- 1) B Rhizom merupakan bagian batang yang menjalar di permukaan tanah.
- 2) D Contoh pada Selaginella dan Paku ekor kuda.
- 3) A Pada tipe lainnya dijumpai empulur.
- 4) B Runutan daun ini menyebabkan bagian stele batang yang ditinggalkan tidak memiliki pembuluh. Bagian ini dikenal dengan rumpang daun.
- 5) D Pada paku homospor hanya terdapat satu macam spora yang akan membentuk gametofit bersifat biseksual (penghasil arkegonium dan anteridium).
- 6) B Sporangium yang terkumpul dalam sorus dijumpai pada megafil.
- 7) D Selaput ini mudah robek akibat pengaruh kekeringan.
- 8) D Psilotum merupakan paku purba dengan struktur sangat sederhana.

## Glosarium

### Anteridium

(jamak: **anteridia**) : Struktur bersifat uniseluler atau multiseluler penghasil gamet jantan, pada lumut berbentuk seperti gada

**Anteridiofor** : Struktur seperti payung yang mendukung sejumlah anteridia dijumpai pada beberapa jenis lumut hati

**Aplanospora** : spora haploid tanpa flagella, tidak mampu berpindah tempat secara aktif

### Arkegonium

(jamak: **arkegonia**) : Struktur multiseluler penghasil sel telur, dijumpai pada lumut dan tumbuhan vaskuler.

**Arkegoniofor** : Struktur seperti tangkai pendukung beberapa arkegonia, dijumpai pada lumut hati

**Caulid** : Organ menyerupai batang pada lumut daun, struktur jaringan masih sederhana tidak seperti batang pada tumbuhan vaskuler

**Elater** : Sel steril menyerupai pita tergulung, terdapat diantara spora pada sporangium lumut, berperan dalam penyebaran spora

**Gemma** : Kuncup kecil berupa tonjolan pada permukaan talus lumut hati, berperan dalam reproduksi aseksual, biasanya terdapat dalam suatu struktur seperti cawan (gemma cup)

**Heteromorfik** : Bentuk dan ukuran talus pada generasi sporofit berbeda dengan generasi gametofit, dijumpai pada ganggang.

**Hidroid** : Sel-sel khusus pada lumut daun yang berperan dalam penyaluran air dan hara tanah.

**Isomorfik** : Bentuk dan ukuran talus pada generasi sporofit sama dengan generasi gametofit, lazim dijumpai pada ganggang.



|                  |   |   |
|------------------|---|---|
| <b>Leptoid</b>   | : | Sel-sel khusus pada lumut daun yang berperan dalam penyaluran hasil fotosintesis.   |
| <b>Miospora</b>  | : | Spora yang dibentuk melalui fusi gamet yang diikuti dengan pembelahan meiosis (secara seksual)  |
| <b>Mitospora</b> | : | Spora yang dibentuk secara aseksual melalui pembelahan mitosis  |
| <b>Pholid</b>    | : | Organ menyerupai daun pada lumut daun, struktur jaringan masih sederhana tidak seperti daun pada tumbuhan vaskuler  |
| <b>Pirenoid</b>  | : | Badan protein berbentuk sferis yang tertanam dalam kloroplas ganggang, diselubungi oleh butiran pati serta mengandung berbagai enzim yang berperan dalam fotosintesis |
| <b>Zoospora</b>  | : | spora haploid berflagela yang mampu berpindah tempat dengan berenang.   |

## Daftar Pustaka

- Moore, R, W. D. Clarck and D. S. Vodopich. (1998). *Botany. Second. ed.* WCB/Mc Graw-Hill. New York.
- Rost, T.L., M.G. Barbour, C.R.Stocking and T.M. Murphy. (1998). *Plant Biology.* Wadsworth Publ. Co. Belmont.
- Stern, K.R. (2000). *Introductory Plant Biology.* 8th ed. Mc Graw-Hill.Boston.